

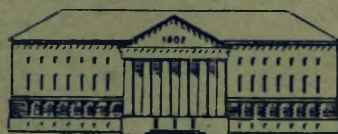
TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED
УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ
TARTUSKOGO ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ALUSTATUD 1893. a.

VIINIK № 55 ВЫПУСК

ОСНОВАНЫ В 1893 г.

MATEMAATIKA-LOODUSTEADUSKONNA
ÜLIÕPILASTE TEADUSLIKKE TÖID
СТУДЕНЧЕСКИЕ НАУЧНЫЕ РАБОТЫ
ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО
ФАКУЛЬТЕТА



TARTU 1958

TARTU RIIKLIKU ÜLIKOOLI TOIMETISED
УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ТАРТУСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
VIINIK 55 ВЫПУСК

MATEMAATIKA-LOODUSTEADUSKONNA
ÜLIÕPILASTE TEADUSLIKKE TÖID
СТУДЕНЧЕСКИЕ НАУЧНЫЕ РАБОТЫ
ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО
ФАКУЛЬТЕТА

TARTU 1958

Redaktsioonikolleegium:

A. V a g a (vastutav toimetaja), G. K a n g r o, A. P e r k, N. R ä g o.
A. P r a v d i n, E. U u s p ö l d (sekretärid).

Редакционная коллегия:

A. B a g a (ответственный редактор), Г. К а н г р о, А. П е р к, Н. Р я г о.
А. П р а в д и н, Э. У у с п ы л ь д (секретари).

СТУДЕНЧЕСКИЕ НАУЧНЫЕ РАБОТЫ
ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО
ФАКУЛЬТЕТА

На эстонском и русском языках

Тартуский государственный университет
Тарту, ул. Юликооли 18.

Toimetaja A. V a g a. Korrektorid E. U u s p ö l d ja S. B a r o n.

Ladumisele antud III 1957. Trükkimisele antud 6. X 1958. Paber 60×92, 1/16.
Trükipoognaid 6,75. Trükiarv 500. MB-05686. Tellimise nr. 1187. Trükikoda
«Tartu Kommunist», Tartu, Ülikooli 17/19.

Hind 4 rbl. 90 kop.

FUNKTSIONAALANALÜÜSI MEETODID KAHEKORDSETE RIDADE TEOORIAS

E. Jürimäe

Matemaatika ring. Juhendaja G. Kangro

Saksa matemaatik K. Zeller näitab [1], et ühekordsete jadade puhul on maatriksmenetluse summeerimisväli FK -ruum, ning annab seal pideva lineaarse funktsionaali üldise kuju. Kasutades seda tulemust lahendatakse Zelleri poolt mitmed küsimused seoses menetluste sisalduvusega.

Käesoleva töö ülesandeks on uurida Zelleri tulemuste laiendamise võimalusi kahekordsetele jadadele, kui piirduda regulaarse koonduvusega. Kahekordset jada $\{\xi_{\mu\nu}\}$ nimetatakse regulaarselt koonduvaks, kui eksisteerivad piirväärtused:

$$\lim_{\mu, \nu \rightarrow \infty} \xi_{\mu\nu} = \xi, \quad \lim_{\nu \rightarrow \infty} \xi_{\mu\nu} = \xi_\mu, \quad \lim_{\mu \rightarrow \infty} \xi_{\mu\nu} = \xi_\nu.$$

Kõigi regulaarselt koonduvate kahekordsete jadade hulka märgime sümboliga rc .

Vaatleme jada-jada teisendust

$$\eta_{mn} = \sum_{\mu, \nu=0}^{\infty} a_{mn\mu\nu} \xi_{\mu\nu}.$$

Kui jada $\{\eta_{mn}\}$ koondub regulaarselt, siis ütleme, et jada $\{\xi_{\mu\nu}\}$ on regulaarselt summeeruv menetlusega $A = (a_{mn\mu\nu})$.

Näitame, et menetluse A regulaarse summeeruvuse väli rcA osutub FK ruumiks, s. o. selliseks lineaarseks jadaruumiks $[R; p_j]$, milles on defineeritud lõplik arv või loenduv hulk kvaasinorme $p_j(x)$ ($j=0, 1, \dots$) ning kus on täidetud tingimused:

- 1° võrdustest $p_j(x) = 0$ ($j = 0, 1, \dots$) järeldeb alati $x = \Theta$,
- 2° ruum R on täielik,
- 3° piirprotsessist $x^{(r)} \rightarrow x$ ruumis $[R; p_j]$ järeldeb alati

$$\xi_{\mu\nu}^{(r)} \rightarrow \xi_{\mu\nu} \quad (r \rightarrow \infty; \mu, \nu = 0, 1, \dots), \quad \text{kus } x^{(r)} = \{\xi_{\mu\nu}^{(r)}\}, \quad x = \{\xi_{\mu\nu}\}.$$

Analoogiliselt ühekordsete ridadega (vrd. [1], teoreem 4. 8) võib tõestada järgmise teoreemi.

Teoreem I: Olgu meil antud FK-ruumid $[R'; q_j]$ ja $[R^{(mn)}; p_{mnj}]$ ($m, n=0,1, \dots$) ning pidevad lineaarsed funktsionaalid f_{mn} ($m, n=0,1, \dots$), mis on määratud vastavalt ruumides $R^{(mn)}$

a) Siis on nende jadade x hulk R , mille puhul f_{nn} on määratud ja $y = \{f_{mn}x\} \in R'$, FK-ruum $[R]$ kvaasinormidega $p_{mnj}(x)$ ja $q_j(y)$ ($m, n, j=0,1, \dots$).

b) Iga pidev lineaarne funktsionaal f ruumis R on esitatav kujul

$$f(x) = g(x) + h(y),$$

kus g ja h on pidevad lineaarsed funktsionaalid vastavalt ruumides $[IR^{(mn)}]$ ja R'

Edasises teeme kitsenduse, et rida $\sum_{\mu, \nu=0}^{\infty} a_{mn\mu\nu} \xi_{\mu\nu}$ oleks tõkestatult koonduv, s. t. tõkestatud osasummadega koonduv rida.

Teoreem II: Maatriksmenetluse A regulaarse summeeruvuse välti rcA on FK-ruum kvaasinormidega

$$1) \sup_{k, l} \left| \sum_{\mu, \nu=0}^{k, l} a_{mn\mu\nu} \xi_{\mu\nu} \right| \quad (m, n=0,1, \dots),$$

$$2) |\xi_{\mu\nu}| \quad (\mu, \nu=0,1, \dots),$$

$$3) \sup_n \left| \sum_{\mu, \nu=0}^{\infty} a_{mn\mu\nu} \xi_{\mu\nu} \right|.$$

Tõestus: Arvestame esiteks, et rc on FK-ruum normiga $\sup_{\mu, \nu} |\xi_{\mu\nu}|$, kus $x = \{\xi_{\mu\nu}\}$. Samuti on FK-ruumid tõkestatult koonduvate kahekordsete jadade ruum bc normiga $\sup |\xi_{\mu\nu}|$ ning kõigi

kahekordsete jadade ruum kvaasinormidega $|\xi_{\mu\nu}|^{\mu, \nu}$ ($\mu, \nu=0,1, \dots$).

Teiseks on lihtne näidata, et

$$\sum_{\mu, \nu=0}^{k, l} a_{mn\mu\nu} \xi_{\mu\nu}$$

ja

$$\sum_{\mu, \nu=0}^{\infty} a_{mn\mu\nu} \xi_{\mu\nu}$$

on pidevad lineaarsed funktsionaalid, kui $x = \{\xi_{\mu\nu}\}$ kuulub mingisse FK-ruumi.

Arvestades tehtud märkusi ei ole raske teoreemi I kahekordsel rakendamisel tõestada teoreemi II.

Teoreem III: a) Iga pidevat lineaarset funktsionaali f menetluse A regulaarse summeeruvuse väljas rcA saab esitada kujul

$$f(x) = \sum_{\mu, \nu} \beta_{\mu\nu} \xi_{\mu\nu} + \sum_{m, n} a_{mn} \eta_{mn} + \sum_m a_m \eta_m + \sum_n \alpha^n \eta^n + \alpha \eta,$$

$$\text{kus } y = \{\eta_{mn}\}, \eta_m = \lim_{n \rightarrow \infty} \eta_{mn}, \eta^n = \lim_{m \rightarrow \infty} \eta_{mn}, \eta = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \eta_{mn}, \quad (1)$$

$$\sum_{m, n} |a_{mn}| < \infty, \sum_m |a_m| < \infty, \sum_n |\alpha^n| < \infty. \quad (2)$$

b) Kui menetlus A on pööratav, siis võib $f(x)$ nii esitada, et kõik $\beta_{\mu\nu}$ on nullid.

c) Kui menetlus A on regulaarset koonduvust säilitav, siis

$$\sum_{\mu, \nu=0}^{\infty} |\beta_{\mu\nu}| < \infty.$$

Tõestus: a) Rakendame teoreemi I b), võttes nüüd $R' = rc$. Ruumis rc omab iga pidev lineaarne funktsionaal h kuju [4]

$$h(y) = \sum_{m, n} a_{mn} \eta_{mn} + \sum_m a_m \eta_m + \sum_n \alpha^n \eta^n + \alpha \eta,$$

kus kehtivad seosed (1) ja (2).

On vaja leida veel pidev lineaarne funktsionaal $g(x)$ ruumis $[\Pi R^{(mn)}]$, mille kvaasinormideks on

$$1) \sup_{k, l} \sum_{\mu, \nu=0}^{k, l} |a_{mn\mu\nu} \xi_{\mu\nu}| \quad (m, n=0, 1, \dots),$$

$$2) |\xi_{\mu\nu}| \quad (\mu, \nu=0, 1, \dots).$$

Saab näidata, et selles ruumis leiab aset nn. lõikekoonduvus $x_r \rightarrow x$, kus x_r kujutab jada, mille esimeses r reas ja veerus olevad elemendid langevad kokku x elementidega, ülejäänud aga on nullid (vrd. [3]). Arvestades seda võime kirjutada

$$\lim_{r \rightarrow \infty} g(x_r) = g(\lim_{r \rightarrow \infty} x_r) = g(x).$$

Kuna

$$g(x_r) = \sum_{\mu, \nu=0}^r \xi_{\mu\nu} g(e_{\mu\nu}) = \sum_{\mu, \nu=0}^r \beta_{\mu\nu} \xi_{\mu\nu},$$

$$\text{kus } \beta_{\mu\nu} = g(e_{\mu\nu}), \text{ siis } g(x) = \sum_{\mu, \nu=0}^{\infty} \beta_{\mu\nu} \xi_{\mu\nu}.$$

Siin $e_{\mu\nu}$ on kahekordne jada, mille kõik elemendid on nullid, välja arvatud see, mille indeksiteks on μ ja ν . See element on võrdne ühega.

b) Kui A on pööratav, siis rcA ja rc on isomorfsed ning ilmselt siis ka $f(x) = h(y)$ (vrd. [2]).

c) Kui menetlus A on regulaarselt koonduvust säilitav, siis peab

rida $\sum_{\mu, \nu=0}^{\infty} \beta_{\mu\nu} \xi_{\mu\nu}$ koonduma vähemalt iga regulaarselt koonduva jada puhul, milleks on Hamiltoni [5] järgi tarvilik, et oleks

$$\sum_{\mu, \nu=0}^{\infty} |\beta_{\mu\nu}| < \infty.$$

Saadud tulemusi kasutame maatriksmenetluste sisalduvuse uurimisel. Pideva lineaarse funktsionaali üldise kuju abil üldistame Wilansky [6] poolt antud seose ühekordsete jadade maatriksmenetluste karakteristikute vahel kahekordsetele jadadele. Menetluse A karakteristikuks nimetame suurust

$$q(A) = a - \sum_{\mu, \nu=0}^{\infty} a_{\mu\nu},$$

$$\text{kus } a_{\mu\nu} = \lim_{m, n \rightarrow \infty} a_{mn\mu\nu} \text{ ja } a = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \sum_{\mu, \nu=0}^{\infty} a_{mn\mu\nu}.$$

Teoreem IV. Kui A on regulaarset koonduvust säilitav menetlus ning B ei ole nõrgem temast, siis

$$q(B) = aq(A)$$

Tõestus: Kui menetlus B ei ole nõrgem menetlusest A regulaarse summeeruvuse mõttes, s. t. $rcB \supsetneq rcA$, ning A on regulaarset koonduvust säilitav, siis on seda ka B .

Vaatleme jada e_r , mille esimese r rea esimesed r elementi on nullid, ülejäänud aga ühed. Arvutame selle jada B -summa $B\{e_r\}$ ja leiame $\lim B\{e_r\}$ kahel viisil.

1) Otseselt arvutades saame

$$\lim_{r \rightarrow \infty} B\{e_r\} = q(B).$$

2) Kuna $B\{x\}$ kujutab endast pidevat lineaarset funktsionaali ruumis rcA , siis arvutades $\lim_{r \rightarrow \infty} B\{e_r\}$ selle funktsionaali üldise kuju

kaudu saame

$$\lim_{r \rightarrow \infty} B\{e_r\} = aq(A).$$

Kui $q(A)=0$, siis nimetame menetlust konullmenetluseks, kui $q(A)\neq 0$, siis koregulaarseks.

Teoreemist saame järeldada, et koregulaarne menetlus ei saa sisaldada konullmenetlust. Samuti näeme, et kui kahe regulaarset koonduvust säilitava menetluse summeerimisväljad langevad kokku, siis on mõlemad menetlused kas koregulaarsed või konullmenetlused.

Ruumis rcA määratud pideva lineaarse funktsionaali üldise kuju abil saab tõestada ka järgmise teoreemi menetluse sisalduvuse kohta.

Teoreem V: *Olgu antud normaalne menetlus A ja suvaline menetlus B . Vahekord $rcB \supseteq rcA$ kehtib parajasti siis, kui*

1° $y=B(x)$ iga $x \in rcnA$ puhul määratud,

2° $x=(BA^{-1})y$ kujutab nulljadade ruumi rcn ruumi rc ,

3° $y=B(x)$ kujutab mingi $x^* \in rcA$ ruumi rc , kusjuures $x^* \in rcnA$.

Siin $B(x)$ tähendab menetlusega B teisendatud jada. Ruumi $rcnA$ all mõistame menetlusega A regulaarselt nulliks summeerivate jadade hulka.

KIRJANDUS

1. Zeller, K. Allgemeine Eigenschaften von Limitierungsverfahren. Math. Z., 53 (1951), 463—487.
2. Zeller, K. FK-Räume und Matrixtransformationen. Math. Z., 58 (1953), 46—48.
3. Zeller, K. Abschnittskonvergenz in FK-Räumen. Math. Z., 55 (1951), 55—70.
4. Hill, J. D. On perfect summability of double sequences. Bull. Amer. Math. Soc., 46 (1940), 327—331.
5. Hamilton, H. J. Transformation of multiple sequences. Duke Math. J., 2 (1936), 29—60.
6. Wilansky, A. An application of Banach linear functionals to summability. Trans. Amer. Math. Soc., 67 (1949), 59—68.

МЕТОДЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ТЕОРИИ ДВОЙНЫХ РЯДОВ

Э. Юримяз

Кружок математики. Руководитель Г. Кангро

Резюме

В настоящей работе обобщаются некоторые результаты, полученные К. Целлером [1—3], на двойные ряды, регулярно суммируемые некоторым матричным методом. Доказывается, что поле регулярного суммирования метода $A = (a_{mn\mu\nu})$ является FK -пространством, в котором произвольный линейный непрерывный функционал $f(x)$ выражается формулой

$$f(x) = \sum_{\mu, \nu} \beta_{\mu\nu} \xi_{\mu\nu} + \sum_{m, n} a_{mn} \eta_{mn} + \sum_m a_m \eta_m + \sum_n a^n \eta^n + a\eta,$$

где

$$x = \{\xi_{\mu\nu}\} \quad y = \{\eta_{mn}\}$$

$$\eta_m = \lim_{n \rightarrow \infty} \eta_{mn}, \quad \eta^n = \lim_{m \rightarrow \infty} \eta_{mn}, \quad \eta = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \eta_{mn}$$

и

$$\sum_{m, n} |a_{mn}| < \infty, \quad \sum_m |a_m| < \infty, \quad \sum_n |a^n| < \infty.$$

В конце работы даются необходимые и достаточные условия для того, чтобы произвольный метод B не был слабее нормального метода A в смысле регулярного суммирования.

ВЫВОД ПРИЗНАКОВ СХОДИМОСТИ ДВОЙНЫХ ЧИСЛОВЫХ РЯДОВ

С. А. Барон

Кружок математики. Руководитель И. Куль

В настоящей работе даётся схема для вывода различных признаков сходимости положительных двойных рядов. Эта схема является обобщением схемы Г. С. Салехова [1].

На основе этой схемы удалось обобщить признаки Даламбера, Раабе и получить несколько других признаков. Практическое применение их показано на примерах.

Из рассматриваемых здесь признаков обобщённый интегральный признак мы находим без доказательства у Бромвича [4]; два признака (в несколько ином виде) у Прингсхейма [3].

Иногда можно двойной ряд представить в виде произведения двух простых рядов (если общий член $w_{mn} = u_m v_n$). Тогда сходимость двойного ряда можно установить, применяя признаки сходимости простых рядов.

С другой стороны, случается, что расходимость ряда можно определять, проверяя лишь выполнение необходимых признаков сходимости, или в том случае, если хотя бы один из простых рядов по строкам или столбцам расходится.

Однако в общем случае установление сходимости двойного ряда не сводится к признакам сходимости простых рядов, и поэтому нужны специальные признаки сходимости для двойных рядов.

§ 1. Таблица сходимости

Будем определять сходимость двойного числового ряда ¹

$$\sum a_{mn}, \text{ где } a_{mn} > 0. \quad (1)$$

Для этой цели вместе с исследуемым рядом рассмотрим двойную числовую последовательность

¹ Если пределы суммирования не указаны, то суммирование происходит по индексам от 1 до ∞ .

$$\{Z_{mn}\}, \quad (2)$$

такую, чтобы существовали определённые (конечные или нет) пределы:²

$$1^\circ \quad \lim_{m,n \rightarrow \infty} \frac{\Delta_{kl} Z_{kl}}{a_{kl}} = A, \quad (3)$$

$$2^\circ \quad \lim_{m,n \rightarrow \infty} (Z_{mn} - Z_{pn} - Z_{mq}). \quad (4)$$

Если предел (4) конечен, то требуем дополнительно, чтобы существовал

$$3^\circ \quad \lim_{m,n \rightarrow \infty} Z_{mn} = C$$

и был конечным.

Рассмотрим сначала случай, когда A — конечное число. Тогда для всякого $\varepsilon > 0$ найдётся натуральное число $K(\varepsilon)$, такое, что для всех $k, l > K(\varepsilon)$ выполняется неравенство

$$(A - \varepsilon) a_{kl} < \Delta_{kl} Z_{kl} < (A + \varepsilon) a_{kl}. \quad (5)$$

Пусть $k = p, p+1, \dots, m-1$ и $l = q, q+1, \dots, n-1$, где $K(\varepsilon) < p, q < m, n$. Складывая все полученные неравенства, получаем:

$$(A - \varepsilon) \sum_{k,l=p,q}^{m-1,n-1} a_{kl} < \sum_{k,l=p,q}^{m-1,n-1} \Delta_{kl} Z_{kl} < (A + \varepsilon) \sum_{k,l=p,q}^{m-1,n-1} a_{kl},$$

откуда, после упрощения средней суммы, найдём:

$$(A - \varepsilon) \sum_{k,l=p,q}^{m-1,n-1} a_{kl} < Z_{mn} - Z_{pn} - Z_{mq} + Z_{pq} < (A + \varepsilon) \sum_{k,l=p,q}^{m-1,n-1} a_{kl}.$$

Будем теперь увеличивать одновременно и независимо друг от друга числа m и n , устремляя их в бесконечность. Тогда в пределе получаем следующую важную формулу (для конечного A):

$$(A - \varepsilon) Q_{pq} \leq B_{pq} \leq (A + \varepsilon) Q_{pq}, \quad (6)$$

где

$$B_{pq} = Z_{pq} + \lim_{m,n \rightarrow \infty} (Z_{mn} - Z_{pn} - Z_{mq}) \quad (7)$$

и

$$Q_{pq} = \sum_{k,l=p,q}^{\infty} a_{kl}. \quad (8)$$

² $\Delta_{kl} Z_{kl} = Z_{k+1,l+1} - Z_{k+1,l} - Z_{k,l+1} + Z_{kl}$

Пусть теперь $A = +\infty$. Тогда, сколь большим ни выбрать число $M > 0$, всегда найдётся такое натуральное число $K(M)$, что при $k, l > K(M)$, выполняется неравенство:

$$\Delta_{kl} Z_{kl} > M a_{kl}.$$

Поступив с этим неравенством в точности так же, как и с неравенством (5), получим для случая $A = +\infty$ следующую формулу:

$$B_{pq} \geqslant M Q_{pq} \quad (9)$$

Если же будет $A = -\infty$, то аналогичным рассуждением для любого $M > 0$ мы получим:

$$B_{pq} \leqslant -M Q_{pq}. \quad (10)$$

Заметим здесь, что остаток ряда (1) R_{pq} определён следующим равенством:

$$R_{pq} = \sum a_{mn} - \sum_{m,n=1}^{p-1, q-1} a_{mn} = Q_{pq} + \sum_{n=1}^{q-1} \sum_{m=p}^{\infty} a_{mn} + \sum_{m=1}^{p-1} \sum_{n=q}^{\infty} a_{mn}.$$

Отсюда мы видим, что если простые ряды

$$\sum_n a_{nn} \quad (n=1, 2, \dots) \quad (11)$$

$$\sum_m a_{mn} \quad (m=1, 2, \dots) \quad (12)$$

сходятся, то сходимость ряда (1) будет зависеть только от поведения Q_{pq} .

Замечание 1. Часто для установления сходимости рядов (11) и (12) достаточно убедиться в сходимости рядов $\sum a_{m1}$ и $\sum a_{1n}$.

Обратимся к формулам (6), (9) и (10) и рассмотрим их в специальных случаях.

Пусть, например, $0 < A < +\infty$. По формуле (6), учитывая, что всегда $Q_{pq} > 0$, имеем:

1) Если $B_{pq} = +\infty$, то

$$(A - \varepsilon) Q_{pq} \leqslant +\infty \leqslant (A + \varepsilon) Q_{pq},$$

где правое звено неравенства показывает, что ряд (1) расходится.

2) Если $0 < B_{pq} < +\infty$, то

$$(A - \varepsilon) Q_{pq} \leqslant B_{pq} \leqslant (A + \varepsilon) Q_{pq},$$

откуда

$$Q_{pq} \leqslant \frac{B_{pq}}{A - \varepsilon}.$$

В этом случае мы можем сказать, что ряд (1) сходится тогда, если сходятся ряды (11) и (12) и, кроме того,

$$\lim_{p, q \rightarrow \infty} B_{pq} = 0. \quad (13)$$

Однако, можно доказать, что условие (13) следует из условия 3° (доказательство аналогично доказательству теоремы о двойном и повторных пределах³).

3) Если $B_{pq} \equiv 0$, то

$$(A - \varepsilon) Q_{pq} \leq 0 \leq (A + \varepsilon) Q_{pq},$$

и левое звено этого неравенства показывает, что такой случай невозможен, если $A > 0$ при любом $\varepsilon < A$; а правое звено — если $A < 0$ при $|A| > \varepsilon$.

4) Пусть теперь $A = -\infty$ и $B_{pq} = -\infty$. Пользуясь формулой (10), получаем символическое неравенство:

$$-\infty \leq M Q_{pq},$$

которое не позволяет судить о свойствах Q_{pq} . В таком случае вопрос о сходимости ряда остаётся открытым.

Рассматривая все 25 комбинаций значений A и B_{pq} , мы, пользуясь формулами (6) (9) и (10), можем составить следующую симметричную таблицу сходимости:

	$A = +\infty$	$0 < A < +\infty$	$A = 0$	$-\infty < A < 0$	$A = -\infty$
$B_{pq} = +\infty$?	Расходится	Расходится		
$0 < B_{pq} < +\infty$	Сходится Е	Сходится Е	?		
$B_{pq} \equiv 0$?		
$-\infty < B_{pq} < 0$?	Сходится Е	Сходится Е
$B_{pq} = -\infty$			Расходится	Расходится	?

Пустые клетки в таблице являются невозможными случаями, клетки с вопросительным знаком — это неопределённые случаи, а буква Е означает слова «если сходятся ряды (11) и (12) и $\lim_{m, n \rightarrow \infty} Z_{mn} = C$ ».

³ См. [2], том I, стр. 412—413.

Если вместо $\{Z_{mn}\}$ взять конкретные последовательности, то мы можем, пользуясь этой таблицей, вывести конкретные признаки сходимости положительных двойных рядов.

§ 2. Обобщённый признак Даламбера

Нам понадобится следующая лемма, доказательство которой непосредственно вытекает из теоремы о двойном и повторных пределах:

Лемма 1. Если $\lim_{n \rightarrow \infty} b_{pn} = 0$ ($p=1, 2, \dots$) или $\lim_{m \rightarrow \infty} b_{mq} = 0$ ($q=1, 2, \dots$) и если существует двойной предел: $\lim_{m, n \rightarrow \infty} b_{mn} = b$, то $b=0$.

Теперь возьмем в формуле (3) $Z_{mn} = a_{mn}$. Тогда $B_{pq} = a_{pq} + \lim_{n, m \rightarrow \infty} (a_{mn} - a_{pn} - a_{mq})$, а для A получаем выражение

$$A = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \frac{a_{m+1, n+1} - a_{m+1, n} - a_{m, n+1} + a_{mn}}{a_{mn}} = 1 - D,$$

где

$$D = \lim_{m, n \rightarrow \infty} D_{mn} = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \frac{a_{m+1, n} + a_{m, n+1} - a_{m+1, n+1}}{a_{mn}}$$

Если ряды (11) и (12) сходятся, то

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_{pn} = \lim_{m \rightarrow \infty} a_{mq} = 0,$$

и если существует

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} a_{mn} \quad (14)$$

то, в силу леммы 1, этот предел также равен нулю, и $B_{pq} = a_{pq} > 0$. По таблице сходимости получаем следующий обобщённый признак Даламбера:

Если простые ряды (11) и (12) сходятся и существует двойной предел (14), то ряд (1) сходится, если $D < 1$. Если $D = 1$, сходимость ряда (1) неопределяема этим признаком. При невыполнении одного из этих условий, ряд (1) расходится.

Замечание 2. Для установления расходимости ряда (1) иногда удобна следующая лемма, которая легко доказывается от противного:

Лемма 2. Если ряд $\sum \frac{1}{\psi_{mn}}$ расходится и $\lim_{m, n \rightarrow \infty} \psi_{mn} a_{mn} = a \neq 0$, то ряд (1) также расходится.

§ 2. Обобщение признака Раабе

Возьмём в формуле (3) $Z_{mn} = (m+n-1)a_{mn}$. Тогда

$$B_{pq} = (p+q-1)a_{pq} + \lim_{m, n \rightarrow \infty} [(m+n-1)a_{mn} - (p+n-1)a_{pn} - (m+q-1)a_{mq}];$$

$$A = R - 1, \text{ где } R = \lim_{m, n \rightarrow \infty} R_{mn} = \lim_{m, n \rightarrow \infty} (m+n)[1 - D_{mn}] + \frac{a_{m+1, n+1}}{a_{mn}}.$$

Если члены рядов (11) и (12) монотонно убывают, то из требования их сходимости вытекает:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (p+n-1)a_{pn} = \lim_{m \rightarrow \infty} (m+q-1)a_{mq} = 0.$$

Если ещё потребуем существование предела

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} (m+n)a_{mn}, \quad (15)$$

то, по лемме 1, $\lim_{m, n \rightarrow \infty} (m+n-1)a_{mn} = 0$ и $B_{pq} = (p+q-1)a_{pq} > 0$.

Таким образом, по таблице сходимости, мы получаем следующий обобщённый признак Раабе:

Если ряды (11) и (12) сходятся, члены их монотонно убывают и существует предел (15), то исследуемый ряд (1) сходится, если $R > 1$. Если $R = 1$, признак неприменим.

Аналогичные признаки можно получить, если положить

$$Z_{mn} = (m-1)a_{mn} \quad \text{или} \quad Z_{mn} = (n-1)a_{mn}.$$

§ 4. Признак Прингсхейма

Возьмём $Z_{mn} = m^{-\alpha} n^{-\beta}$, где $0 < \alpha, \beta < +\infty$. В этом случае $B_{pq} = p^{-\alpha} q^{-\beta} > 0$ и конечно. Числитель формулы (3) здесь равен $[n^{-\beta} - (n+1)^{-\beta}][m^{-\alpha} - (m+1)^{-\alpha}]$. Так как, по формуле конечных приращений, $(x_0 + \Delta x)^{-\alpha} - x_0^{-\alpha} = -\alpha(x_0 + \Theta \Delta x)^{-\alpha-1} \Delta x$, то, взяв $x_0 = m$ и $\Delta x = 1$, получаем: $-(m+1)^{-\alpha} - m^{-\alpha} = \alpha(m + \Theta)^{-\alpha-1}$, где $0 < \Theta < 1$. Отсюда

$$A = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \frac{\alpha\beta}{(m + \Theta_1)^{1+\alpha} (n + \Theta_2)^{1+\beta} a_{mn}} = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \frac{\alpha\beta}{m^{1+\alpha} n^{1+\beta} a_{mn}}$$

Так как числители этих дробей на конечность предела не влияют, то получаем следующий признак Прингсхейма [3]:

Если сходятся ряды (11) и (12), то ряд (1) сходится, если

$$0 < P < +\infty, \text{ где } P = \lim_{m, n \rightarrow \infty} P_{mn} = \lim_{m, n \rightarrow \infty} m^{1+\alpha} n^{1+\beta} a_{mn}.$$

Признак неприменим, если $P = +\infty$.

§ 5. Особый признак

Возьмём ещё $Z_{mn} = u^m v^n$, где $u, v > 0$. Тогда $B_{pq} = u^p v^q > 0$, если $u, v < 1$; $B_{pq} = +\infty$, если $u, v > 1$; $A = (u-1)(v-1)U$, где $U = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \frac{u^m v^n}{a_{mn}}$. По таблице сходимости получаем следующий признак:

Ряд (1) сходится, если сходятся ряды (11) и (12) и, кроме того, $0 < U < +\infty$, где надо взять $u, v < 1$.

Ряд (1) расходится, если возьмём $u, v > 1$ при $0 < U < +\infty$.

§ 6. Некоторые замечания

Может показаться, что при помощи нашей схемы всегда возможно вывести удобные признаки сходимости двойных числовых рядов. Однако дело обстоит иначе. Примером может послужить следующий обобщённый интегральный признак:

Пусть $a(x, y)$ — положительная и непрерывная функция при всех $x, y > 1$, которая монотонно убывает с возрастанием x и y . При этих условиях ряд

$$\sum a(m, n) \quad (16)$$

сходится, если интеграл

$$\int_1^\infty \int_1^\infty a(x, y) dx dy \quad (17)$$

конечен, в противном случае он расходится.

Этот признак легко доказать таким же методом, каким Бромвич [4] доказывает интегральный признак для простых рядов. Если же его доказывать при помощи нашей схемы (для чего надо взять

$$Z_{mn} = \int_\beta^n \int_\alpha^m a(x, y) dx dy,$$

где $\alpha, \beta \geq 1$ — некоторые фиксированные числа), то мы должны ещё требовать существование следующего предела

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} \frac{a(m + \theta_1, n + \theta_2)}{a(m, n)}$$

для произвольных $0 \leq \theta_1, \theta_2 \leq 1$, чем признак усложняется.

Заметим здесь, что если сходимость соответствующих ряду (16) рядов (11) и (12) заранее известна, то в интеграле (17) можем единицы заменить любыми другими положительными числами.

§ 7. О применении доказанных признаков сходимости к произвольным рядам

Как известно из теории простых рядов, признаками Коши и Даламбера можно установить не только абсолютную сходимость, но и расходимость простого ряда с произвольными членами, и, именно потому, что когда они констатируют расходимость ряда $\sum |u_n|$, то тогда $\lim_{n \rightarrow \infty} u_n = \infty$.

Легко доказывается от противного для любой числовой последовательности $\{u_{mn}\}$ следующая

Лемма 3. Если $\lim_{n \rightarrow \infty} u_{mn} = \infty$ ($m \geq N$) или

$$\lim_{m \rightarrow \infty} u_{mn} = \infty \quad (n \geq N), \quad \text{то} \quad \lim_{m, n \rightarrow \infty} u_{mn} \neq 0.$$

Следовательно, если ряды

$$\sum_m |u_{mn}| \quad (n > N) \tag{18}$$

или

$$\sum_n |u_{mn}| \quad (m > N) \tag{19}$$

расходятся по признаку Даламбера или Коши (алгебраическому), то тогда и двойной ряд с произвольными членами

$$\sum u_{mn} \tag{20}$$

также расходится.

Отсюда, если сходимость рядов (18) или (19) проверять только признаками Даламбера или Коши (алгебраическим), то все доказанные здесь признаки решают вопрос о сходимости для произвольных (т. е. необязательно с положительными членами) двойных числовых рядов.

§ 8. Обобщенные алгебраические признаки Коши

В качестве применения обобщённого интегрального признака докажем следующий признак сходимости:

Пусть последовательность

$$C_{mn} = \sqrt[mn]{|u_{mn}|}$$

имеет предел (конечный или нет):

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} C_{mn} = C.$$

⁴ См. [2], том II, стр. 344.

Тогда при $C < 1$ ряд (20) сходится, если сходятся простые ряды

$$\sum_m |u_{mn}| \quad (n=1, 2, \dots), \quad (21)$$

$$\sum_n |u_{mn}| \quad (m=1, 2, \dots) \quad (22)$$

При $C > 1$ ряд (20) расходится. Если $C=1$, вопрос о поведении ряда остаётся открытым.

Доказательство. Пусть $\lim_{m, n \rightarrow \infty} \sqrt[mn]{|u_{mn}|} = C < 1$.

Тогда для произвольного $\varepsilon > 0$, начиная с некоторых m и n ($m \geq p$, $n \geq q$), выполняется неравенство:

$$(C - \varepsilon)^{mn} < |u_{mn}| < (C + \varepsilon)^{mn}.$$

Выберем $\varepsilon > 0$ настолько малым, чтобы $C + \varepsilon = r < 1$. Отсюда (для указанных значений m и n) $|u_{mn}| < r^{mn}$, и, так как сходятся простые ряды (21) и (22), то по обобщённому интегральному

признаку находим, что сходится ряд $\sum_{m, n=p, q}^{\infty} r^{mn}$ и следовательно, так-

же ряд $\sum |u_{mn}|$, ибо

$$\int_q^{\infty} \int_p^{\infty} r^{xy} dx dy = \int_q^{\infty} \int_p^{\infty} e^{xy \ln r} dx dy < \frac{e^{pq \ln r}}{pq \ln^2 r} < +\infty.$$

Если $C > 1$, то выберем $\varepsilon > 0$ настолько малым, чтобы и $C - \varepsilon = r_1 > 1$. Тогда $|u_{mn}| > r_1^{mn}$, откуда $\lim_{m, n \rightarrow \infty} U_{mn} = \infty$, и ряд (20) расходится.

Аналогичный результат получается и при $C = +\infty$.

Если $C=1$, то неравенство

$$(1 - \varepsilon)^{mn} < |u_{mn}| < (1 + \varepsilon)^{mn}$$

не позволяет судить о сходимости ряда, вопрос остаётся открытым.

Аналогично вышеизложенному можно доказать и следующий признак Прингсхейма-Даниэля [3, 5]:

Если последовательность $K_{mn} = \sqrt[m+n]{|u_{mn}|}$ имеет предел (конечный или нет):

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} K_{mn} = K,$$

то при $K < 1$ ряд (20) сходится, если сходятся ряды (21) и (22). При $K > 1$ ряд (20) расходится.

Вопрос о поведении ряда остаётся открытым, если $K = 1$.

§ 9. Практическое применение признаков.

1) Обобщенный признак Даламбера:

а) $\sum \frac{(2n-1)!!}{(2mn)!!} \frac{1}{n^k}$ сходится при $k > \frac{1}{2}$ расходится при $k \leq \frac{1}{2}$.

Здесь сходимость простого ряда $\sum \frac{(2n-1)!!}{(2n)!!} \frac{1}{n^k}$ удобно установить признаком Гаусса, а

$$D_{mn} = \frac{2n+1}{(2mn+2) \dots 2m(n+1)} \left(\frac{n}{n+1} \right)^k + \frac{1}{(2mn+2) \dots 2n(m+1)} - \\ - \frac{2n+1}{(2mn+2) \dots 2(m+1)(n+1)} \left(\frac{n}{n+1} \right)^k \rightarrow 0, \text{ если } m, n \rightarrow \infty.$$

б) $\sum \lg 2^{-m-n} \pi$ сходится. Соответствующие простые ряды сходятся по признаку Даламбера. Обозначив $2^{-m-n} \pi = 4a$, легко вычислить, что $D = \frac{3}{4}$.

2) Обобщённый признак Раабе:

а) $\sum \frac{m! n!}{(m+n+1)!}$ сходится, ибо здесь $R = +\infty$. Вычисляем предел (15):

$$\lim_{m, n \rightarrow \infty} \frac{m! n!}{(m+n+1)!} (m+n) = \lim_{m, n \rightarrow \infty} \frac{1}{m+1} \frac{2 \cdot 3 \dots \cdot n}{(m+2) \dots (m+n)} \frac{m+n}{m+n+1} \leq \\ \leq \lim_{m, n \rightarrow \infty} \frac{2}{(m+1)(n+1)} = 0.$$

б) $\sum x^m (m+n)^{-s}$ ($x \neq -1$) сходится при $s > 1$ и $|x| < 1$. Для вычисления R удобно обозначить $m+n=z$ и применять правило Лопиталья. Если $x=1$, то обобщённым интегральным признаком можно установить, что ряд сходится при $s > 2$. В остальных случаях ряд расходится.

3) Признак Прингсхейма:

а) $\sum \frac{1}{(mn)^s} \left(1 - \frac{x \cos m^{-1} n^{-1} \pi}{mn} \right)$ сходится при $s > 1$; расходится при $s \leq 1$ (удобно взять $\alpha = \beta = s - 1$)

б) $\sum \frac{1}{m^s n^t} \sin \frac{\pi}{mn}$ сходится при $s, t > 0$, расходится при $t \leq 0$

или $s \leq 0$ (удобно взять $\alpha = s, \beta = t$)

4) Особый признак:

а) $\sum \frac{(m+n)! x^m y^n}{m! n! m^n n^m} (x, y > 0)$ сходится при $x, y < 1$, расходится при $x \leq 1$ или $y \leq 1$ (удобно взять $u = x, v = y$).

б) $\sum_{m \neq n} \frac{1}{(m-n)^2} \left(\frac{x}{2}\right)^m \left(\frac{y}{3}\right)^n (x, y > 0)$ сходится при $x < 2, y < 3$;

расходится во всех других случаях (здесь удобно взять $u = \frac{x}{2}, v = \frac{y}{3}$ и учесть, что $(m-n)^{-2} > (m+n)^{-2}$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Салехов Г. С. К теории вычисления рядов. УМН, 4, вып. 4 (32) (1949), 50—82.
2. Фихтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Тома I, II, III, М.—Л., 1949—1951.
3. Pringsheim, A. Vorlesungen über Zahlenlehre, II, Leipzig — Berlin, 1923.
4. Bromwich, T. I. An introduction to the theory of infinite series, London, 1926.
5. Daniel, P. I. Ratio tests for double power series, Quart. J. Math., 11, Nr. 43 (1940), 185—192.

Примечание автора. После сдачи в печать настоящей статьи вышла брошюра Г. С. Салехова «Вычисление рядов» (М., Гостехиздат, 1955) с приложением Х. С. Назмеева, в которой также обобщается схема Г. С. Салехова на двойные ряды. Но идея обобщения и конкретные признаки сходимости отличны от наших.

KOONDUVUSTUNNUSTE TULETAMINE KAHEKORDSETE ARVURIDADE JAOKS

S. Baron

Matemaatika ring. Juhendaja I. Kull.

Resümee

Töös on Salehhovi skeem[1] üldistatud kahekordsetele ridadele. Üldistatud skeemist lähtudes on tuletatud D'Alembert'i, Raabe jt. tunnused kahekordsete ridade jaoks. On antud näiteid nende tunnuste rakendamise kohta.

ELEKTROMAGNETILINE IMPULSSMOMENT STAATILISTES SÜSTEEMIDES

J. Lembra

Teoreetilise füüsika ring. Juhendaja P. Kard

§ 1. Impulsi mõiste on sarnaselt energia mõistega füüsikas läbi teinud pika ajaloolise arengu. Kuni möödunud sajandi viimase veerandini rakendati impulsi mõistet ainult mehhaaniliste nähtuste uurimisel. Impulssi defineeriti lihtsalt keha massi ja tema kiiruse korrutisena. Sel ajajärgul tuletatud impulsi jäävuse seadus omas rakendusi mehhaaniliste nähtuste kitsas valdkonnas. Hiljem arenes impulsi mõiste sellise mõisteni, mis haaras enda alla kõik võimalikud impulsi vormid. Impulsi mõiste areng siisuguse täiuslikkuseni võimaldas formuleerida universaalse impulsi jäävuse seaduse.

Tõestati ka impulsi olemasolu elektromagnetilise välja juhul. Sel alal on palju teeneid meie kodumaa teadlastel — vene eesrindliku teadusliku mõtte esindajail. Mainigem siin vaid tähtsamaid neist. Kõigile on teada, et vene füüsik P. N. Lebedev tõestas eksperimentaalselt valguse rõhu olemasolu. Vene teadlane, endine Tartu ülikooli professor A. Sadovski tõestas teoreetiliselt, et aine, mis pööfab valguse polarisatsioonitasandit, peab saama teatava impulssmomendi.

Elektromagnetilise impulsi mõiste tuuakse füüsikasse muutuvate väljade uurimisel. Kuid ka staatilistes süsteemides viib elektromagnetilise impulsi rakendamine järeldusteni, mida võib eksperimentaalselt kontrollida. Käesolevas töös vaatleme elektromagnetilist impulssmomenti kirjanduses levinud staatilise süsteemi näite kondensaator — magnet juhul.

§ 2. Vaatleme järeldusi, millele viib elektromagnetilise impulsi mõiste rakendamine staatilises süsteemis, mis koosneb kondensaatorist ja vooluga solenoidist.

Olgu laetud silindriline kondensaator koaksiaalselt paigutatud küllalt pika solenoidi sisse, nii et solenoidi magnetiväli \vec{H} , mida võib lugeda homogeenseks, on paralleelne kondensaatori teljega. Kondensaatori katete vahelise keskkonna dielektriline konstant olgu ϵ ja permeaablus $\mu = 1$. Elektromagnetilise impulsi tihedus on kondensaatori katete vahelises ruumis nullist erinev ja avaldub järgmiselt [1]:

$$\vec{g} = \frac{1}{2\pi c} \frac{Q}{l r^2} (\vec{r} \times \vec{H}), \quad (1)$$

kus \vec{r} on kohavektor, mis algab süsteemi teljelt ja on risti sellega, Q — kondensaatori sisekattel asetsev laeng, l — kondensaatori pikkus ja c — valguse kiirus vaakuumis.

Väide, et vaadeldavas staatilises süsteemis on lokaliseeritud kindel hulk elektromagnetilist impulssi tihedusega \vec{g} , viib järeldustele, mida võib eksperimentaalselt kontrollida [1].

Kuigi kogu staatilise välja kui terviku impulss on null, võime leida selle impulsi momendi \vec{K} kondensaatori inertsitsentri suhtes.

Jättes välja impulssmomendi radiaalse (\vec{r} -suunalise) komponendi, mis ei avalda mõju kondensaatori liikumisele telje ümber, leiame avaldise (1) abil:

$$\vec{K} = - \frac{Q(r_2^2 - r_1^2)}{2c} \vec{H}, \quad (2)$$

kus r_2 on kondensaatori väliskatte raadius ja r_1 sisekatte raadius. Edaspidi tähistame välis- (resp. sise-) kattega seotud suurusi indeksiga 2 (resp. 1).

Vaatleme nüüd magnetivälja kaotamise protsessi. Kui kaob magnetiväli, kaob ka elektromagnetiline impulssmoment. Impulsi jäävuse seaduse järgi peab elektromagnetiline impulssmoment muunduma meie süsteemis mehhaaniliseks impulssmomendiks. Selles võime veenduda ka otseselt järgmise mõttekäigu abil. Magnetivälja muutumisega kaasneb elektrivälja teke. See mõjub kondensaatori katetel olevatele laengutele teatud tungidega, mis tekitab mehhaanilise impulssmomendi.

Peale selle peame seoses magnetivälja kadumisega arvestama ka güromagnetilist efekti.

§ 3. Veendume, et ülaltoodud mõttekäigu järgi arvutades leiame sama suuruse nagu valemis (2) Sel eesmärgil leiame

esmalt elektrivälja tugevuse \vec{E} , mis tekib magnetivälja kadumisel. Maxwelli II võrrandi järgi:

$$-\frac{1}{c} \frac{\partial \Phi}{\partial t} = \int \text{rot } \vec{E} d\vec{S}, \quad (3)$$

kus Φ on magnetvoog. Pindintegraali (3) teisendame joonintegraaliks:

$$-\frac{1}{c} \frac{\partial \Phi}{\partial t} = \int \vec{E} d\vec{s}. \quad (4)$$

Valemit (4) võib lihtsustada teades, et sümmeetría tõttu silindrite

ristlõigetel vastavad \vec{E} ja $d\vec{s}$ on paralleelsed ning vastav \vec{E} on konstantne absoluutväärtuselt. Valemist (4) leiame sisekatte jaoks:

$$-\frac{1}{c} \frac{\partial \Phi_1}{\partial t} = 2\pi r_1 E_1. \quad (5)$$

Et

$$\Phi_1 = \int \vec{H} d\vec{S}_1 = \pi r_1^2 H,$$

leiame avaldise (5) abil otsitava elektrivälja tugevuse E_1 :

$$E_1 = -\frac{1}{2c} r_1 \frac{\partial H}{\partial t}. \quad (6)$$

Täpselt analoogiliselt leiame elektrivälja tugevuse E_2 väliskattel:

$$E_2 = -\frac{1}{2c} r_2 \frac{\partial H}{\partial t} \quad (7)$$

Avaldiste (6) ja (7) abil leiame tungid, mis mõjuvad kondensaatori katetel olevatele laengutele ja nende momendi $\frac{Q}{2c} (r_2^2 - r_1^2) \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$, mis võrdub mehhaanilise impulssmomendi \vec{M} ajalise tule-
tisega:

$$\frac{Q}{2c} (r_2^2 - r_1^2) \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = \frac{d\vec{M}}{dt}. \quad (8)$$

\vec{M} leiame integreerides avaldist (8) aja järgi t_0 -st kuni t_1 -ni, kusjuures $\vec{H}(t_0) = \vec{H}$ ja $\vec{H}(t_1) = 0$.

$$\vec{M} = -\frac{Q}{2c} (r_2^2 - r_1^2) \vec{H}. \quad (9)$$

Võrreldes avaldise (2) ja (9) näeme, et elektromagnetiline impulssmoment \vec{K} on muundunud mehhaaniliseks impulssmomentiks \vec{M} .

Teisiti: diferentsides \vec{K} avaldises (2) aja järgi ja arvestades avaldist (8) veendume, et elektromagnetilise impulssmomendi ja mehhaanilise impulssmomendi summa on jääv:

$$\frac{d}{dt} (\vec{K} + \vec{M}) = 0. \quad (10)$$

§ 4. Siirdume güromagnetilise efekti vaatlemisele. Kui voolutugevus solenoidis on J , siis

$$H = \frac{4\pi n J}{c}, \quad (11)$$

kus n on solenoidi keerdude arv pikkusühiku kohta. Teisest küljest on kehtiv üldine seos voolu mehhaanilise momendi \vec{d} ja magnetilise momendi $\vec{\mathcal{M}}$ vahel:

$$\vec{\mathcal{M}} = -\frac{e}{2mc} \vec{d}, \quad (12)$$

kus $-e$ on elektroni laeng, ja m — elektroni mass.

Seos (12) on teatavasti kinnitatud ka eksperimentaalselt [2].

Solenoidi ühe keeru magnetiline moment on

$$\mathcal{M} = \frac{JS}{c}, \quad (13)$$

kus S on keeru pindala. Seega, kasutades avaldisi (11) ja (12), leiame:

$$\vec{d} = -\frac{mcSH}{2\pi ne} \vec{H} \quad (14)$$

Kogu voolu mehhaaniline moment solenoidis on järelikult:

$$\vec{D} = -\frac{mcVH}{2\pi e}, \quad (15)$$

kus V on solenoidi ruumala.

Magnetivälja kadumisel voolu katkestamise tõttu solenoidis saab meie süsteem mehhaanilise momendi \vec{D} . Selles avaldubki güromagnetiline efekt.

§ 5. Kui tahame magnetivälja kaotamise teel avastada elektromagnetilise välja impulssi ja impulssmomendi olemasolu meie süsteemis, tuleb hoolitseda selle eest, et güromagnetiline efekt ei maskeeriks oodatavat efekti. Seega peab suhe

$$\frac{D}{M} = \frac{mc^2 V}{\pi(r_2^2 - r_1^2)eQ} \quad (16)$$

[vt. avaldisi (9) ja (15)] olema küllalt väike.

Et

$$Q = \frac{\varepsilon U l}{2 \ln \frac{r_2}{r_1}}, \quad (17)$$

kus U on kondensaatori katete vaheline pinge, siis

$$\frac{D}{M} = \frac{2}{\varepsilon} \frac{mc^2}{eU} \frac{V \ln \frac{r_2}{r_1}}{\pi l (r_2^2 - r_1^2)}. \quad (18)$$

Suhe D/M avaldises (18) oleneb suurusest:

$$y = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{r_2^2 - r_1^2}, \quad (19)$$

mis tuleb teha minimaalseks. Kondensaatori väliskatte raadius r_2 on määratud solenoidi mõõtudega, mille sees asub kondensaator. Seega võime avaldises (19) vaadelda r_2 konstantsena ja r_1 muutuva suurusena. Avaldise (19) miinimumi füüsiliseks tingimuseks osutub $r_2 \approx r_1$. Valides võimaluse piirides välis- ja sisekatte raadiused veidi erinevatena, nii et $r_2^2 - r_1^2 \ll r_2^2$, saame avaldisest (18):

$$\frac{D}{M} \approx \frac{mc^2}{eU} \frac{1}{\varepsilon} \frac{V}{\pi l r_2^2}. \quad (20)$$

Et $V \approx \pi l r_2^2$ ja $mc^2 \approx 5 \cdot 10^5 \text{ eV}$, leiame avaldisest (20):

$$\frac{D}{M} \approx \frac{5 \cdot 10^5}{U\varepsilon}, \quad (21)$$

kus U on voltides.

Kirjeldatavas katses kondensaatori poolt omandatud mehhaanilise impulssmomendi avastamise võimaluse realiseerimisel võiksime näiteks nõuda, et

$$\frac{D}{M} < 0,1. \quad (22)$$

Antud näite puhul on nõutud, et oodatav efekt oleks güromagnetilisest efektist ~ 10 korda suurem. Teatavasti on viimane avastatud Einstein—de Haasi katses. Kui on võimalik vastavalt nõudele (22) valida ε ja U , nii et

$$U\varepsilon > 5 \cdot 10^6 \quad (23)$$

siis peaks olema võimalik avastada ka välja impulsi olemasolu vaadeldavas süsteemis, sest oodatav efekt oleks ~ 10 korda suurem varem avastatud güromagnetilisest efektist.

Vaatleme tingimuse (23) täitmise võimalust praktikas. Valides U kuni 10^3 volti, tuleks kasutada dielektrikut, mille dielektriline konstant $\varepsilon > 5 \cdot 10^3$. Järelikult tuleb kirjeldatud katses kasutada üli-suure dielektrilise konstandiga dielektrikuid. Niisuguste dielektrikute valmistamine kuulub nõukogude teaduse silmapaistvate saavutuste hulka [3].

§ 6. Kokkuvõttes võime öelda, et elektromagnetilise impulsi mõistet võib mõnikord edukalt rakendada ka staatiliste süsteemide puhul.

Elektromagnetilise impulsi eksperimentaalne avastamine makroskoopiliste nähtuste valdkonnas kuulub mittekergesti teostatavate katsete hulka, sest sellega seotud efektid osutuvad üldiselt väikesteks. Käesolevas töös on siiski esitatud üks võimalus elektromagnetilise impulsi eksperimentaalseks uurimiseks, kasutades selleks ülisuure dielektrilise konstandiga aineid.

KIRJANDUS

1. Тамм Е. И. Основы теории электричества, М.-Л. 1949, lk. 497—498.
2. Шпольский Э. В. УФН, 28, № 2—3, 371, (1946).
3. Сканиви Г. И. Физика диэлектриков, М.-Л., 1949, lk. 176—202.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МОМЕНТ ИМПУЛЬСА В СТАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Ю. Лембра

Кружок теоретической физики. Руководитель П. Кард

Резюме

Электромагнитный момент импульса используется обычно при изучении переменных полей. Однако и в статических системах электромагнитный момент импульса может дать измеримые эффекты. В настоящей работе рассмотрен способ количественного обнаружения электромагнитного момента импульса в системе конденсатор — соленоид, с использованием вещества, имеющего высокую диэлектрическую проницаемость.

PIKALAINELISE KIIRGUSE MÄÄRAMISEST PÜRGEOMEETRI JA RADIATSIOONNOMOGRAMMIDE ABIL PILVISUSE MÖJU ARVESTADES

H. Ardve ja H. Niilisk

Geofüüsika ring. Juhendajad T. Rootsmäe ja J. Ross

Tänapäeval on aktinomeetrias üks tähtsamaid probleeme maa ja atmosfääri pikalainelise kiirguse määramise küsimus. Pikalaineliste kiirgusvoogude arvutamine ja mõõtmine on küllalt keeruline ülesanne. Pikalainelise kiirguse väärtusi vajatakse mitmete prognoosisülesannete lahendamisel. Pikalaineliste kiirgusvoogude leidmiseks kasutatakse peamiselt järgmisi meetodeid:

1) pikalaineliste kiirgusvoogude otsene mõõtmine süsteemiga pürgeomeeter-püranomeeter;

2) pikalaineliste kiirgusvoogude arvutamine empiiriliste valemite, teoreetiliste valemite või kiirgusnomogrammide abil.

Mõlemal mainitud meetodil on omad puudused ja mõõtmistulemuste viga on keskmiselt nii ühel kui teisel 10—15%. Lisaks tuleb arvestada veel pilvisust, mis avaldab pikalainelisele kiirgusele olulist mõju. See muudab ülesande lahendamise komplitseeritumaks ja vähendab veelgi tulemuste täpsust.

Käesolevas töös on võrreldud süsteemiga pürgeomeeter-püranomeeter Tartu Aktinomeetrialaboratooriumis mõõdetud pikalaineliste kiirgusvoogude väärtusi Kovaljova nomogrammi [1,2] ja Berljan-dite tabeli [3] abil arvutatud väärtustega madalate (St, Sc, Fs 7/10—10/10) ja keskmiste (As, Ac 7/10—10/10) pilvedega ilma korral.

Maa pikalainelise kiirguse arvutamiseks kasutati Stefan-Boltzmanni seadust kujul

$$E = \delta \sigma T^4, \quad (1)$$

kus E — integraalse kiirgusvoo tihedus,

δ — maapinna suhteline kiirgusvõime,

T — maapinna absoluutne temperatuur.

Selgus, et pürgeomeetriga mõõdetud maa kiirguse ja arvutatud maa kiirguse võrdlemisel ning efektiivse kiirguse arvutamisel võib võtta $\delta \approx 1$ ja nimelt järgmistel kaalutlustel. Kui maapinna suhte-

line kiirgusvõime on δ , siis tema peegeldumisvõime on $(1-\delta)$ ja järelikult peegeldab tagasi atmosfääri vastukiirgusest osa

$$R_L = (1-\delta)E_A, \quad (2)$$

kus R_L — peegeldunud pikalaineline kiirgus,

E_A — atmosfääri vastukiirgus.

Allasuunatud pürgeomeetriga mõõdetud pikalaineline kiirgus (E_B) koosneb seega kahest osast: maa kiirgusest (\bar{E}_B) ja peegeldunud atmosfääri vastukiirgusest:

$$E_B = \bar{E}_B + (1-\delta)E_A. \quad (3)$$

Mõõdetud ja arvutatud maa kiirguse võrdlemisel tuleb uurida vahet

$$\delta\sigma T_p^4 - \bar{E}_B = \delta T_p^4 - E_B - (1-\delta)(\sigma T_p^4 - E_T). \quad (4)$$

kus T_p on maapinna temperatuur.

Efektiivse kiirguse (E_{ef}) arvutame järgmiselt:

$$E_{ef} = \sigma T_p^4 - \Pi - (1-\delta)(\sigma T_p^4 - \Pi), \quad (5)$$

kus Π on arvutatud atmosfääri vastukiirgus. Hindame liikmete $(1-\delta)(\sigma T_p^4 - E_A)$ ja $(1-\delta)(\delta T_p^4 - \Pi)$ suurust, võttes $E_A \approx \Pi$ ja kasutades Gajevski poolt antud δ väärtusi:

$$\delta = 0.986 \text{ (lumikatte korral),}$$

$$\delta = 0.952 \text{ (lumikatteta pinnase korral)}$$

Kui vahe $\sigma T_p^4 - E_B$ suurimaks väärtuseks võtame $0.3 \text{ kal/cm}^2 \text{ min}$, sest praktikas suuremaid väärtusi esineb harva, siis saame nimetatud liikmete maksimaalse väärtusena

$$(1-\delta)(\sigma T_p^4 - E_A) = \begin{cases} 0.004 \text{ kal/cm}^2 \text{ min} & \text{— lumikatte korral} \\ 0.014 \text{ kal/cm}^2 \text{ min} & \text{— lumikatteta pinnase korral.} \end{cases}$$

Need suurused aga jäävad mõõtmisvigade piiridesse ja praktikas võime küllaldase täpsusega avaldasi (4) ja (5) kasutada kujul

$$\delta\sigma T_p^4 - \bar{E}_B = \sigma T_p^4 - E_B, \quad (4a)$$

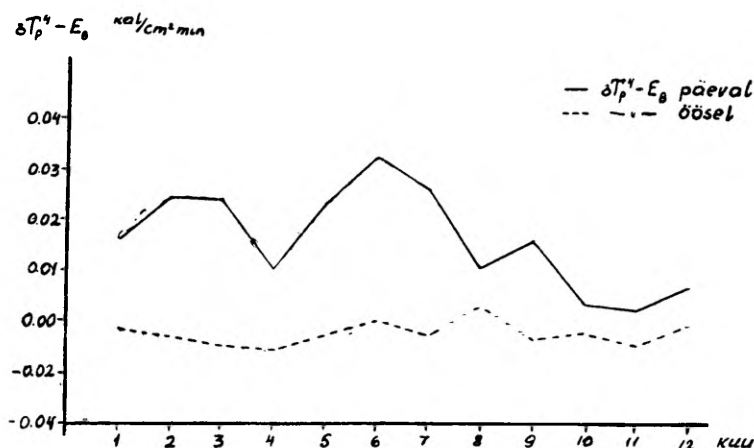
$$E_{ef} = \sigma T_p^4 - \Pi, \quad (5a)$$

s. o. δ võib praktiliselt võtta võrdseks 1-ga.

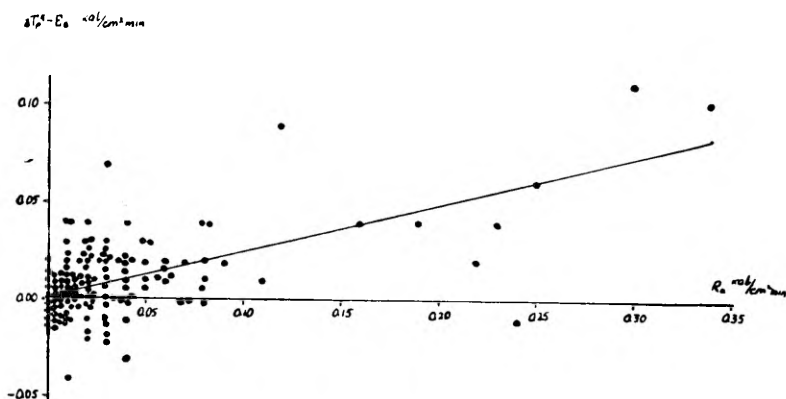
Käesolevas töös on püütud välja selgitada tegureid, mis põhjustavad arvutatud ja mõõdetud maa kiirguste erinevusi. Vahe $\sigma T_p^4 - E_B$ aastastest käikudest (joon. 1) näeme, et üldiselt päeval $\sigma T_p^4 > E_B$, öösel aga $E_B > \sigma T_p^4$. Seega öösel esineb ebareaalne olukord, kus vastaval temperatuuril oleva absoluutselt musta keha kiirgus on väiksem kui mõõdetud maa kiirgus. Viimane tõsiasi on arvatavasti põhjustatud maapinna temperatuuri mõõtmise ebatäpsusest selles mõttes, et me mõõdame maapinna temperatuuri ainult

ühes juhuslikus punktis maapinnal. Selle punkti temperatuur aga ei tarvitse ühtida kiirgava maapinna keskmise temperatuuriga. Teiseks võivad selle nähtuse põhjuseks olla pürgeomeetri vead.

Töö käigus leiti korrelatsioon vahe $\sigma T_p^4 - E_B$ ja peegeldunud lühilainelise kiirguse R_k vahel (joon. 2) korrelatsiooniteguritega



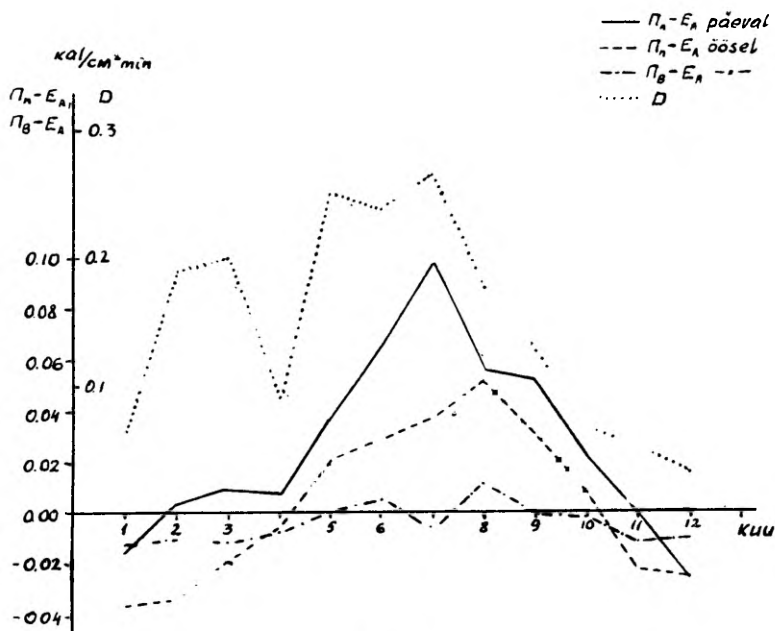
Joon. 1.



Joon. 2.

St, Sc, Fs pilved korral 0.62 ja As, Ac pilved korral 0.38. Viimast võib seletada sellega, et peegeldunud lühilaineline kiirgus R_k mõjutab pürgeomeetrit. Selle mõju detailsemaks selgitamiseks on vaja teostada Janiževski termoelektrilise pürgeomeetri soojusrežiimi laboratoorne uurimine.

Atmosfääri vastukiirgus määrati kolmel viisil: mõõdeti süsteemiga pürgeomeeter-püranomeeter (E_A) ja arvutati Kovaljova nomogrammi (Π_n) ning Berljangite tabeli (Π_B) abil. Et saada selgemat ülevaadet nende üksikute meetodite abil määratud atmosfääri vastukiirguste erinevustest, uurime vahede $\Pi_n - E_A$ ja $\Pi_B - E_A$ aastasi käike (joon. 3). Paistab silma, et vahe $\Pi_n - E_A$ omab selgesti väljakujunenud ja kaunis suure amplituudiga aastast käiku. $\Pi_B - E_A$



Joon. 3.

käik on tunduvalt vähem märgatav ja pole nii korrapärane kui $\Pi_n - E_A$ käik.

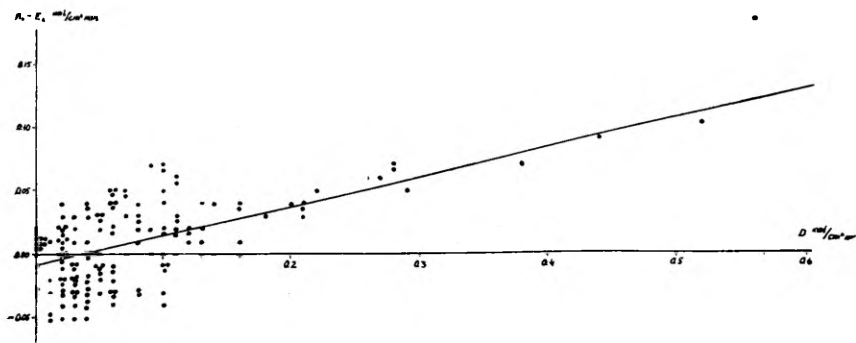
Kõrvutades vahe $\Pi_n - E_A$ aastast käiku hajusa kiirguse D aastase käiguga (joon. 3), nähtub, et need käigud on mõnevõrra analoogilised. Seega on põhjust uurida korrelatsiooni $\Pi_n - E_A$ ja D vahel. Madalate pilvede korral on korrelatsiooniväli toodud joonisel 4. Keskmiste pilvede korral esines peaaegu samasugune korrelatsioon:

St, Sc, Fs pilvede puhul $r=0.61$,
As, Ac pilvede puhul $r=0.71$.

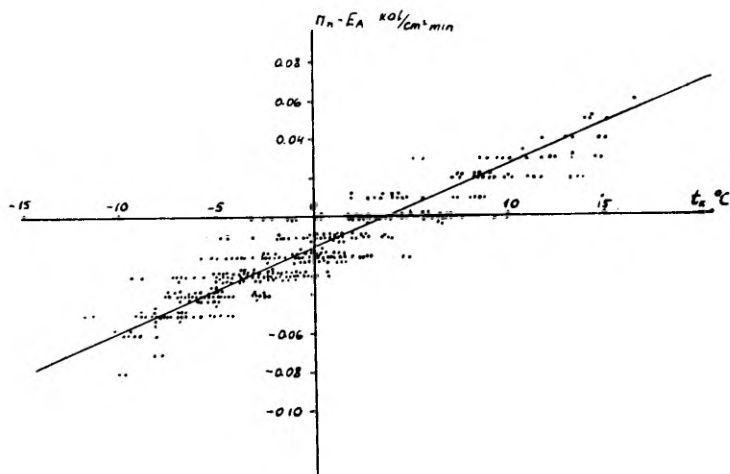
Niisiis võime märkida vahe $\Pi_n - E_A$ olenevust mõnevõrra hajusast kiirgusest. Mainitud korrelatsiooni selgitamiseks tuleb oletada, et pürgeomeeter on mõjustatud hajusast kiirgusest. Täpsemate atmosfääri vastukiirguse väärtuste saamiseks on vaja arvutada teatud õiendid, mis olenevalt hajusa kiirguse suuruselt tuleb liita pür-

geomeetri näidule. Nende õiendite saamiseks on vaja suurema hulga andmete põhjal leida $\Pi_n - E_A$ ja D korrelatsioonivälja regressioonkõver.

$\Pi_n - E_A$ ja $\Pi_B - E_A$ aastasi käike on uuritud eraldi õiste mõõtmisandmete põhjal, sest öösel puudub hajuskiirgus. Selgub aga, et



Joon. 4.



Joon. 5.

ka öösel omavad mainitud vahed märgatavat aastast käiku (joon. 3). Järelikult mõjub vahele $\Pi_n - E_A$ peale hajusa kiirguse veel mingi teine tegur. Viimase selgitamiseks on uuritud korrelatsioone $\Pi_n - E_A$ ja rea meteoroloogiliste (või nende kombinatsioonide) vahel. Tulemusena selgus, et vaadeldud juhtudest ainsana eksisteeris küllalt hea korrelatsioon vahe $\Pi_n - E_A$ ja õhutemperatuuri t_k

vahel ja seda nii öiste kui ka päevaste vaatluste puhul. Öiste vaatluste korral on korrelatsiooniväli toodud joonisel 5 (St, Sc, Fs). Vastavad korrelatsioonitegurid on:

	Öösel	Päeval
St, Sc, Fs	0.81	0.75
As, Ac	0.72	0.68

Sellest võib järeldada, et $\Pi_n - E_A$ sõltub mõningal määral õhutemperatuurist t_k . Et öistes tingimustes pole seni teada põhjust, mis mõjustaks tunduvalt pürgeomeetri näitu, siis on alust arvata, et Kovaljova nomogrammid ei arvesta küllaldaselt õhutemperatuuri t_k . Vastavad uurimused näitavad [5], et olenevus õhutemperatuurist selge taeva korral puudub. Järelikult peab viga peituma just Kovaljova pilvisuse nomogrammis, mis on koostatud järgmise valemi põhjal

$$\Pi_n = \Pi_o(1 + kn^2), \quad (6)$$

kus Π_o — atmosfääri vastukiirgus selge taeva korral,
 k — pilvisuse koefitsient, mis on erinev madalate, keskmiste ja kõrgete pilvede jaoks,
 n — pilvisuse hulk.

Siin võib õhutemperatuurist oleneda ainult tegur k . Võttes aluseks korrelatsiooni $\Pi_n - E_A$ ja t_k vahel, leiame pilvisuse koefitsiendi k olenevuse õhutemperatuurist. Regressioonisirge on:

$$\Pi_n - E_A = at_k + b, \quad (7)$$

kus konstandid a ja b on vastavalt regressioonisirge tõus ja algordinaat. Lugesdes õigeks pürgeomeetri näitu ning arvestades valemid (6) ja (7), saame

$$\Pi_o(1 + kn^2) - \Pi_o(1 + k_t n^2) = at_k + b, \quad (8)$$

kus k_t on pilvisuse tegur, mis oleneb temperatuurist.

Siit

$$k_t = k - \frac{atk + b}{\Pi_o n^2}. \quad (9)$$

Madalate pilvede puhul

$$k = 0.28 \quad a = 0.0044 \quad b = -0.015$$

ning

$$k_t = 0.28 - \frac{0.004 tk - 0.015}{\Pi_o n^2}. \quad (9a)$$

Kasutades k asemel tegurit k_t , saame atmosfääri vastukiirguse väärtused, mis lähevad hästi kokku pürgeomeetri näitudega. Tegurit k_t võib kasutada ka päevaste atmosfääri vastukiirguse väärtuste

leidmisel, kuid siin on kooskõla pürgeomeetriga halvem, sest pürgeomeetrit mõjustab hajuskiirgus.

Kokkuvõttes tuleb päevastes tingimustes lugeda usaldusväärseimaks Kovaljova nomogrammilt leitud atmosfääri vastukiirguse väärtusi, öistes tingimustes aga Janišeovski pürgeomeetri näitu. Berljandite tabeli abil leitud atmosfääri vastukiirguste väärtuste täpsuse kohta on esialgu raske midagi öelda.

Efektiivne kiirgus on töös määratud Kovaljova nomogrammide (E_n), Berljandite tabeli (E_B) ja pürgeomeetri ($-B_L$) abil. Võrreldes saadud tulemusi selgus, et ka siin omavad vahed $-B_L - E_n$ ja $-B_L - E_B$ aastasi käike. Järelikult tuleb otsida $-B_L$, E_n ja E_B erinevuste põhjusi mitte juhuslikes mõõtmisvigades, vaid mingi meteolelemendi mõjus.

Määrates efektiivset kiirgust, arvestavad Berljandid pilvisuse mõju järgmise valemi alusel [3]

$$E_B = E_{BO}(1 - c_H n_H - c_C n_C - c_B n_B), \quad (10)$$

kus E_{BO} — Berljandite tabeli põhjal määratud efektiivne kiirgus selge ilma korral,

n_H , n_C , n_B — vastavalt madalate, keskmiste ja kõrgete pilvede hulk,

C_H , C_C , C_B — madalatele, keskmistele ja kõrgetele pilvedele vastavad koefitsiendid.

Viimased on määratud, kasutades andmeid atmosfääri temperatuuri jaotuse ja pilvede alumise piiri kõrguse kohta. Arvestades pilvede kõrguse ja muude C -dele mõjuvate tegurite aastast käiku on selge, et ka koefitsiendid C_H , C_C ja C_B omavad teatud aastast käiku. Oma tabelite koostamisel Berljandid aga ei arvesta seda käiku täielikult, vaid kasutavad C -de jaoks kaht väärtust — üks külmal, teine soojal aastaajal. Nii saadud tulemused kehtivad täpselt ainult antud poolaasta mingite keskmiste tingimuste korral. Võttes aluseks pürgeomeetriga teostatud mõõtmiste õigsuse on arvutatud C_H aastane käik.

$$E_B = E_{BO}(1 - C_H n_H), \quad (11)$$

$$E_p = E_{BO}(1 - C_{Hp} n_H) = -B_L, \quad (12)$$

kus E_p — parandatud efektiivse kiirguse väärtus,

C_{Hp} — parandatud koefitsient.

Kaaluv hulk mõõtmisi on teostatud täispilvisuse korral ($n_H=1$), seega saame

$$C_{Hp} = \frac{E_B + B_L - B_L C_H}{E_B}. \quad (13)$$

Huvitav on, et nii arvutatud C_{Hp} -de aastane käik langeb suurel määral kokku N. G. Jefimovi poolt [4] leitud C_H aastase käiguga. Esitame mõlemad käigud järgmises tabelis:

C_H aastane käik

Kuu	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Autorite andmeil	0.93	0.91	0.92	0.79	0.77	0.74	0.83	0.70	0.76	0.84	0.91	0.92
N.G.Jefimovi arvutatud	0.93	0.91	0.90	0.77	0.77	0.73	0.70	0.77	0.80	0.80	0.89	0.88

Tabelis esitatud C_H väärtusi tuleb vaadelda ainult kui orienteerivaid: C_H muutumise selgitamine vajab lähemat uurimist. Arvestades C_H -de aastast käiku saame päris hea kooskõla pürgeomeetria ning M. ja T. Berljandi tabeli abil määratud efektiivse kiirguse väärtuste vahel.

Eeltoodust järeldub, et efektiivse kiirguse täpsema määramise huvides peaks Berljandite tabelleid korrigeerima pilvisuse koefitsientide aastase käigu arvessevõtmisega.

KIRJANDUS

1. Ковалева Е. Д. О расчете эффективного излучения земной поверхности и противоизлучения атмосферы. Труды ГГО, вып. 27 (89), 1951.
2. Ковалева, Е. Д. Учет распределения водяного пара при определении эффективного излучения и противоизлучения атмосферы. Труды ГГО, вып. 37 (99), 1952.
3. Берлянд М. и Т. Определение эффективного излучения земли с учетом влияния облачности. Известия АН СССР, серия геофизическая, № 1, 1952.
4. Ефимов И. Г. Величины сумм эффективного излучения для некоторых пунктов СССР и некоторые величины, характеризующие эффективное излучение при облачности. Труды ГГО, вып. 26 (88), 1952.
5. Tooming, H. Efektiivse kiirguse arvutusmeetodite kontroll Tartu Aktinomeetria Jaama 1953. a. öiste vaatluste põhjal. Diplomitöö, 1954.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДЛИННОВОЛНОВОЙ РАДИАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ ПИРГЕОМЕТРА И РАДИАЦИОННЫХ НОМОГРАММ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОБЛАЧНОСТИ

Х. Ардве и Х. Нийлиск

Резюме

Кружок геофизики. Руководители Т. Роотсмяэ и Ю. Росс

В настоящей работе определены по данным Тартуской Актинометрической лаборатории значения противоизлучения атмосферы, длинноволнового излучения поверхности и эффективного излучения при помощи номограммы Е. Д. Ковалевой и таблицы М. и Т. Берлянда при облачном небе. Полученные результаты сравнивались с результатами непосредственных измерений длинноволнового излучения, проведенных в Тартуской Актинометрической лаборатории. При этом сделана попытка выяснить, какой из методов дает наиболее правдоподобные результаты, а также, каков характер ошибок отдельных методов и причины их.

VÄHESTE RAUALISANDITE MÕJU KADMIUMI SOOLHAPPES LAHUSTUMISE KIIRUSELE

H. Koppel

Üldise keemia ring. Juhendaja S. Nikolajeva

Võitlus metallide korrosiooni vastu omab väga suurt rahvamajanduslikku tähtsust. Siiani pole aga lõplikult välja töötatud korrosiooni põhjusi selgitavat teooriat. Metallide lahustumine hapestes kujutab endast korrosiooni lihtsamat erijuhtu ja tema uurimine aitab selgitada keerulise korrosiooniprotsessi olemust.

Käesolevas töös püütakse tuua mõningat faktilist materjali selle küsimuse lahendamiseks, kusjuures uurimisobjektiks valiti väheste rauasisaldusega kadmium.

Kadmiumi lahustumise kiirust mõõdeti vesiniku hulga järgi, mis eraldus ühes minutis lahustuva metalli pinna ühelt ruutsentimeetrit. Katsed viidi läbi pöörleva ketaselektroodiga 55° C temperatuuril. Lahustuva metalli potentsiaali mõõdeti samal temperatuuril küllastatud kalomelelektroodi suhtes. Eralduva vesiniku hulka mõõdeti täpsusega 0,1 ml ja potentsiaali täpsusega 1 mV. Temperatuuri maksimaalne kõikumine oli $\pm 0,1^\circ$. Kasutatav aparatuur oli analoogiline J. Durdini ja S. Nikolajeva [1] poolt puhta kadmiumi soolhappes lahustumise kiiruse uurimiseks kasutatud aparatuuriga.

Sulami $Cd+Fe$ valmistamine vahenditult vastavate metallide kokkusulutamise teel pole võimalik Cd ja Fe liiga erinevate sulamis- ja keemistemperatuuride tõttu ja samuti raua erakordselt väikese lahustuvuse tõttu kadmiumis [2]. Siiani pole teostatud ka vastava süsteemi füüsikalise-keemilist uurimist.

Käesolevas töös kasutati kadmiumi ja raua sulami valmistamiseks nende metallide vahelduvat elektrolüütilist sadestamist ja järgnevat sademe ümbersulutamist vesiniku atmosfääris. Sadestamine toimus vaheldumisi kahest vannist, kusjuures kummaski vannis viibis sade järjest 15 minutit. Vannide koostised olid järgmised:

1. $CdSO_4$ 8/3 H_2O	140 g/l
$Fe_2(SO_4)_3$ 9 H_2O	56 g/l
H_2SO_4 (konts.)	2,8 ml/l

$d_K = 15 \text{ mA/cm}^2$; $t^\circ = 60^\circ - 90^\circ \text{ C}$; anoodi materjal *Pb*.

2. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	150	g/l
NaCl	50	g/l
HCl (1 <i>N</i>)	5	ml/l

$d_K = 1,5 \text{ mA/cm}^2$; t° tubane; anoodi materjal *Fe*.

Saadi ligikaudu 0,2%-lise rauasisaldusega sulam, mida edasiste katsete teostamiseks lahjendati puhta kadmiumiga kokkusulutamise teel vesiniku atmosfääris.

Metallne kadmium «The British Drug Houses LTD» oli puhastatud kahekordse destillatsiooni teel vaakuumis.

Soolhappe katsete jaoks valmistati kas kaks korda ümberkristalliseeritud *KCl*-st ja «keemiliselt puhtast» H_2SO_4 -st spetsiaalses aparatuuris või analoogilisel viisil «keemiliselt puhtale» *HCl*-le «keemiliselt puhta» H_2SO_4 -ga mõjudes. Osa katseid teostati ka «keemiliselt puhtas» soolhappes.

Töös kasutatav kadmiumkloriid puhastati järgnevalt: sool lahustati vees ja sadestati osaliselt algul ammooniumsulfiidiga, siis ammooniumhüdrosüüdiga ning kristalliseeriti lahusest välja.

Tavaline müügil olev kadmium sisaldab lisanditena peamiselt vaske, pliidi ja rauda, kusjuures rauda sisaldub temas harilikult ligikaudu 0,005%. Meie valisime uurimiseks kaks sulamit kadmium-raud. Ühes neist vastas rauasisaldus müügil oleva kadmiumi omale (0,005%), teises aga sisaldus rauda ligikaudu kümme korda enam (0,047%). Täpsemate võrdlusandmete saamiseks teostati samades tingimustes mõned katsed kaks korda destilleeritud kadmiumiga.

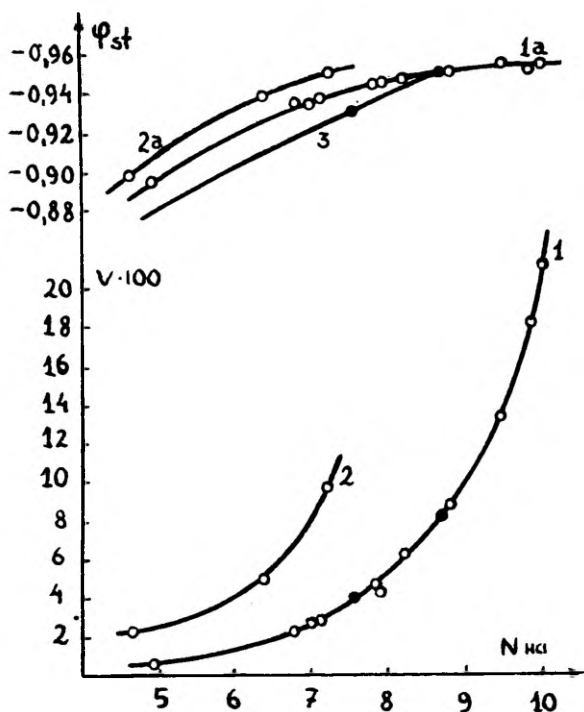
Enne katset aktiveeriti metalli 20—30 minuti vältel 10—11 *N* soolhappes. Seetõttu saabus statsionaarne režiim alati küllalt kiiresti ja induktsooniperiood ei ületanud kunagi 30 minutit. Katsed puhta kadmiumiga teostati ilma eelneva aktiveerimiseta, kusjuures induktsooniperioodi esinemist praktiliselt ei täheldatud. Peale induktsooniperioodi lõppu jäi lahustumiskiirus püsivaks või hakkas väga aeglaselt langema.

Kui teha analoogiliselt A. Frumkinile [3] vesiniku ülepinge suuruste kaudu raual ja kadmiumil ligikaudne arvestus raua mõju astme kohta sulami $\text{Cd} + 0,047\% \text{ Fe}$ lahustumise kiirusele, jõuame tulemusele, et lahustumiskiirus peaks puhta kadmiumi omast olema ligikaudu 340 korda suurem.

Sulamite $\text{Cd} + 0,047\% \text{ Fe}$ ja $\text{Cd} + 0,005\% \text{ Fe}$ ning samuti puhta kadmiumi lahustumiskiiruse sõltuvus soolhappe kontsentratsioonist¹ on toodud joonisel. Abstsissiteljele on kantud happe kontsentratsioon, ordinaatteljele lahustumiskiirus ning statsionaarne potentsiaal. Kõver 1 väljendab sulami $\text{Cd} + 0,005\% \text{ Fe}$ lahustumiskiiruse sõltuvust soolhappe kontsentratsioonist, kusjuures ta langeb

¹ Andmed on saadud elektroodi pööreldes kiirusega 240 pööret minutis.

praktiliselt ühte kõveraga puhta kadmiumi jaoks samades tingimustes ja omab samasugust iseloomu kui kõver vesiniku eraldumise katoodse protsessi sõltuvuse jaoks soolhappe kontsentratsioonist. Eksperimentaalselt leitud punktid sulami $Cd+0,005\% Fe$



jaoks on tähistatud ringiga, kuna punktiga on märgitud punktid puhta kadmiumi jaoks. Kõver 2 väljendab sulami $Cd+0,047\% Fe$ lahustumiskiiruse sõltuvust soolhappe kontsentratsioonist. Kõvera käik on analoogiline puhta kadmiumi kõvera käiguga, asub aga viimast absoluutväärtuselt ligikaudu kolm korda kõrgemal.

Seega on puhta kadmiumiga võrreldes lahustumiskiiruse suurenemine sulami $Cd+0,047\% Fe$ puhul umbes kolmekordne, 0,005%-line rauasisaldus aga ei kiirenda märgatavalt kadmiumi lahustumist.

Joonisel on toodud ka lahustuva metalli statsionaarse potentsiaali sõltuvus soolhappe kontsentratsioonist. Sulami $Cd+0,047\% Fe$ statsionaarne potentsiaal (kõver 2a) on puhtale kadmiumile vastavast kõverast (kõver 3), mis on toodud S. Nikolajeva [4] andmeil,

nihutatud negatiivses suunas keskmiselt 25 mV võrra. Sulami $Cd+0,005\% Fe$ statsionaarne potentsiaal (kõver la) on 4—7 N soolhappes nihutatud puhta kadmiumi omaga võrreldes negatiivses suunas keskmiselt 13 mV võrra, soolhappe kontsentratsiooni suurenedes aga kõver läheneb puhta kadmiumi omale ja kontsentratsioonil 9 N nad langevad praktiliselt ühte.

Kõveratest võetud keskmised andmed mõlema sulami lahustumiskiiruste ja statsionaarsete potentsiaalide kohta soolhappe eri kontsentratsioonideil on toodud alljärgnevas tabelis.

N_{HCl}	$Cd + 0,047 \% Fe$		$Cd + 0,005 \% Fe$	
	V 100	φ st	V 100	φ st
5	2,4	0,909	0,7	0,898
6	4,0	0,933	1,4	0,919
7	8,2	0,946	2,8	0,935
8	—	—	5,3	0,945
9	—	—	10,0	0,950
10	—	—	21,4	0,954

Reaktsiooni temperatuurikoefitsient V_{t+10}/V_t on kõrge (1,6—1,85), mis vastab mittedifusioonsetele protsessidele. Seega ei osutu antud juhul lahustumiskiirust määravaks staadiumiks difusioon, vaid elektrokeemilised protsessid.

Happe lahuse segamine avaldab uuritavate sulamite lahustumise kiirusele tunduvat mõju. Segamistingimuste muutudes 240 pöördelt minutis 0 pöördeni minutis muutub lahustumiskiirus 1,6—2,1 korda, kuna segamistingimuste muutudes 240 pöördelt minutis 120 pöördeni minutis muutub lahustumiskiirus 1,2—1,5 korda. Puhta kadmiumi puhul on aga segamise mõju veelgi suurem. Happe kontsentratsiooni kasvades täheldati segamise mõju teatavat suurenemist. Fe^{+++} lisamisel soolhappe lahusesse segamise mõju väheneb.

Lahustuva metalli statsionaarne potentsiaal nihkub lahuse segamise puhul negatiivses suunas. Segamistingimuste muutudes 240 pöördelt minutis 0 pöördeni minutis statsionaarse potentsiaali nihe on keskmiselt 13 mV, kuna segamistingimuste muutudes 240 pöördelt minutis 120 pöördeni minutis on keskmine potentsiaali nihe 2 mV. Puhta kadmiumi puhul esinevat potentsiaali nihke ja lahustumiskiiruse muutuse seost Tafeli võrrandi järgi uuritavate sulamite puhul ei täheldatud.

Lahuse segamise tugevast mõjust antud juhul võib esimesel pilgul paista, nagu oleks tegemist puhtalt difusioonse protsessiga. Sellega on aga vastuolus reaktsiooni temperatuurikoefitsiendi kõrge väärtus (1,6—1,85) ja lahustumise küllalt väike kiirus.

$CdCl_2$ soolhappe lahusesse lisamisel statsionaarne potentsiaal muutus positiivses suunas vastavalt võrrandile

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{M^{z+}}$$

Vastupidiselt puhtale kadmiumile lahustumiskiirus aga kasvas. Seejuures metalli tegelik pindala suurenes tunduvalt ebatasasuste tekkimise tõttu metallil ja ei saa öelda, kas lahustumiskiirus pinnaühiku kohta kasvas või kahanes.

Segamise mõju statsionaarsele potentsiaalile ja lahustumiskiirusele Cd^{++} lisamisel happe lahusesse väheneb tunduvalt, mis viitab sellele, et meie juhul statsionaarne potentsiaal on praktiliselt lähedane tasakaalupotentsiaalile.

Fe^{+++} lisamine soolhappe lahusesse muudab statsionaarset potentsiaali positiivses suunas ja suurendab lahustumiskiirust, kusjuures selline mõju hakkab avalduma alles teatava küllalt suure Fe^{+++} kontsentratsiooni puhul.

Katseandmeist järeldub, et küllaldasel hulgal lisatud raud tunduvalt aktiveerib kadmiumi lahustumist. Et raud on kadmiumis praktiliselt vähe lahustuv, võib oletada, et meil esines mõlema sulami puhul heterogeenne süsteem, mis pidi looma soodsad tingimused lokaalsete elementide moodustumiseks lahustuva metalli pinnal. Lahustumiskiirus sulami $Cd + 0,047\% Fe$ puhul moodustus seega nagu kahest liidetavast: puhta metalli lahustumiskiirusest ja lokaalsete elementide tegevusest tingitud lahustumiskiirusest.

Nagu eespool näidatud, peaks sulami $Cd + 0,047\% Fe$ puhul teoreetiliselt lahustumiskiirus suurenema umbes 340 korda. Tegelik lahustumiskiiruse suurenemine oli aga ainult kolmekordne. Meil polnud ka arvestatud rida tegelikkuses mõjuvaid faktoreid, nagu anioonide spetsiifiline adsorptsioon, ionide hüdratatsioonenergia jne. Need faktorid on arvesse võetud, kui leida teoreetiline lahustumiskiiruse suurenemine puhta kadmiumi [4] ja puhta raua [5] jaoks eksperimentaalselt saadud lahustumiskiiruste ja statsionaarsete potentsiaalide kaudu. Sel juhul saame teoreetiliseks lahustumiskiiruse suurenemiseks 48 korda. Ikkagi on aga tegelik lahustumiskiiruse suurenemine palju väiksem arvutatust. Sellest huvitavast faktist järeldub, et ei tohi samastada mikrogalvaanilise katoodi tegevust makrokatoodi omaga, antud juhul rauast moodustatud mikrokatoodide mürgitamise tõttu kadmiumiga. Mürgitamisprotsessi võib ette kujutada järgmiselt. Kadmiumi suure vahetusvoolu tõttu osa kadmiumi ionidest sadestub tagasi ka rauast moodustatud mikrokatoodidele, mis seega kujutavad endast mitte puhast rauda, vaid süsteemi kadmium-raud. Vesiniku ülepinge katoodsetel aladel suureneb, mistõttu ülepingete erinevus katoodsete ja anoodsete alade vahel ja vastavalt ka raualisandi aktiveeriv mõju vähenevad.

Uuritavate sulamite pinna mikrofotode uurimine tugevas suu-
renduses näitas, et üksiku mikrokatoodi diameeter ei ületanud
0,015 mm. Selle alusel arvutati analoogiliselt A. Frumkinile [3]
võrrandi

$$\Delta\varphi = \frac{2r_0 j_K}{\pi H}$$

järgi maksimaalne potentsiaali langus lahustuva metalli katood-
sete ja anoodsete alade vahel, mis saadi 0,000023V. Seega võib
metalli pinda lugeda praktiliselt isopotentsiaalseks ja katoodsete
ning anoodsete alade esinemine peab antud juhul olema tingitud
erinevatest vesiniku ülepingetest põhimetallil ja lokaalsetel katood-
idel.

Kokkuvõte

1. Sulami $Cd+Fe$ lahustumiskiiruse sõltuvus soolhappe kont-
sentratsioonist omab samasugust iseloomu kui vesiniku eraldumise
katoodse protsessi oma.

2. Lahustuva metalli statsionaarne potentsiaal on puhta kad-
miumi omaga võrreldes nihutatud negatiivses suunas. Soolhappe
kontsentratsiooni kasvades muutub statsionaarne potentsiaal ana-
loogiliselt puhta kadmiumi omale negatiivses suunas.

3. Reaktsiooni temperatuurikoefitsient on kõrge; seega ei osutu
difusioon antud protsessi määravaks staadiumiks.

4. Raud aktiveerib kadmiumi lahustumist, kuid vähem arvu-
tuste põhjal oodatust. Raua mõju vähenemine näib olevat seotud
sellega, et lokaalsed katoodid kujutavad endast mitte rauda, vaid
süsteemi kadmium-raud.

5. Rauaioonide lisamine soolhappe lahusesse avaldab küllalt
suure Fe^{+++} kontsentratsiooni puhul lahustumisele kiirendavat
mõju.

6. $CdCl_2$ lisamine happe lahusesse kutsub esile statsionaarse
potentsiaali nihke positiivses suunas, kuid vastu ootusi suurendab
lahustumiskiirust.

7. Lahustuva metalli pinda võib antud juhul lugeda isopo-
tentsiaalseks.

KIRJANDUS

1. Дурдин Я., Николаева С. Вестник Ленинградского универси-
тета 1955, № 5, 164.
2. Тамман, Elsen. Z. anorg. allg. Chem. 186 (1930), 277.
3. Фрумкин А., Багоцкий В., Иофа З., Кабанов Б. Кинетика
электродных процессов, Москва, 1952.
4. Николаева С. Исследование скорости растворения кадмия и амаль-
гамы кадмия в соляной кислоте, Автореф. канд. дисс., 1951.
5. Дурдин Я., Оранская М. ЖОХ, 1950, 20, 604.

ВЛИЯНИЕ НЕБОЛЬШИХ КОЛИЧЕСТВ ПРИМЕСИ ЖЕЛЕЗА НА СКОРОСТЬ РАСТВОРЕНИЯ КАДМИЯ В СОЛЯНОЙ КИСЛОТЕ

Х. Коппель

Кружок общей химии. Руководитель С. Николаева

Резюме

В работе изучалось влияние небольших количеств железа на скорость растворения кадмия в соляной кислоте. Установлены следующие факты:

1. Зависимость скорости растворения сплава кадмий-железо от концентраций соляной кислоты имеет показательный характер, как и у катодного процесса выделения водорода.

2. Стационарный потенциал растворяющегося металла сдвинут в отрицательную сторону по сравнению со стационарным потенциалом чистого кадмия. С увеличением концентрации соляной кислоты стационарный потенциал изменяется в отрицательную сторону.

3. Температурный коэффициент реакции высок, так как диффузия не является определяющей стадией данного процесса.

4. Железо активизирует растворение кадмия в меньшей степени, чем это можно было ожидать. В данном случае, повидимому, уменьшение степени влияния железа связано с тем, что локальные катоды представляют собой не железо, а систему кадмий-железо.

5. Добавление ионов железа в раствор кислоты повышает скорость растворения.

6. Добавление ионов кадмия в раствор кислоты вызывает сдвиг стационарного потенциала в положительную сторону, но, против ожидания, увеличивает скорость растворения.

7. Поверхность растворяющегося металла в данном случае может быть принята изопотенциальной.

SÜSTEEMI AMMOONIUMNITRAAT-VESI KÄITUMISEST MADALAMATEL TEMPERATUURIDEL

A. Liiva

Üldise keemia ring. Juhendaja N. Rägo

Sissejuhatus

Süsteem ammooniumnitraat-vesi on üks lihtsamaid kahekomponentilisi keemilisi süsteeme. Sellest hoolimata aga on kirjanduse andmed selle süsteemi kohta, eriti just madalamate temperatuuride osas, puudulikud ja üksteisest vägagi erinevad. Nii esinevad erinevad andmed eutektilise (krüohüdraatse) temperatuuri osas ($-16,17^{\circ}$ -st kuni $-17,3^{\circ}$ -ni) [1], [2], [3], kuna selle eutektika mikrostruktuuri kohta andmed täiesti puudusid. Kirjanduses kõige viimased ja täpsemad tulemused selle süsteemi kohta on pärit nõukogude teadlaste N. S. Kurnakovi ja M. Ravitši töödest.

Kristallvormilt on ammooniumnitraat üks tüüpilisemaid polümorfseid aineid, omades 5 enantiotroopse üleminekuga modifikatsiooni. Madalamatel temperatuuridel on püsivad 2 modifikatsiooni: $+32,3^{\circ}$ -st kuni umbes -16° (-18°)-ni β -rombiline NH_4NO_3 ja alla selle temperatuuri tetragooniline modifikatsioon. Nende kahe modifikatsiooni üleminekutäppi pole täpselt teada, kuna kirjanduse andmed selle kohta on samuti väga erinevad, kõikudes -16° -st kuni -18° -ni [4].

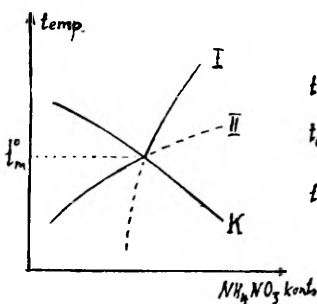
See polümorfse ülemineku täpp on väga lähedal eutektilisele täpile. Seetõttu võis oletada kahe erineva eutektika esinemise võimalust, millest kumbki vastaks erinevale polümorfsele modifikatsioonile. Sõltuvalt sellest, kuidas polümorfne muundumistäpp asuks jää kristallisatsioonikõvera (diagrammil lõik K) suhtes, võiks esineda üks järgmistest kolmest võimalikust juhust, mis on graafiliselt kujutatud joonisel 1.

Graafikutel on kujutatud ainult osa NH_4NO_3 lahustumisdiagrammist, nimelt eutektika ümbrus. Teatavasti eutektiline täpp tekib kahe kõvera — jää kristallisatsioonikõvera ja soola lahustumiskõvera lõikumisel. Antud juhul on tegemist aga kahe lahustumiskõveraga, sest eri modifikatsioonidele vastavad eri lahustumiskõverad. Neist kõveraga I olgu tähistatud β -rombilise modifikatsiooni lahustumiskõver ja kõveraga II tetragoonilise modi-

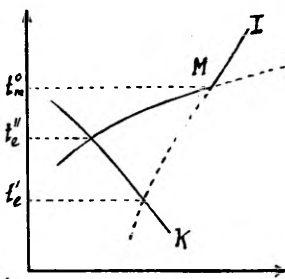
fikatsiooni lahustumiskõver. Nende lõikepunktile (M) vastav temperatuur, mis on ühtlasi polümorfse muundumise temperatuuriks, on tähistatud ordinaatteljel t_m^0 -ga.

Sõltuvalt sellest, kuidas asub polümorfne muundumistäpp (M) jää kristallisatsioonikõvera (K) suhtes, võib esineda üks järgnevalt kirjeldatavast kolmest võimalikust juhust.

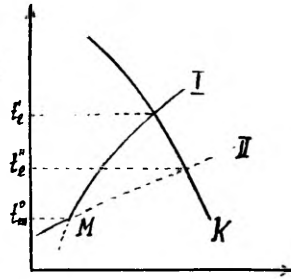
Esimesel juhul (graafik 1) lõikuvad kõik kolm kõverat ühes punktis. Sel juhul mõlema modifikatsiooni eutektilised täpid langevad kokku (s. t. sama kontsentratsioon ja temperatuur, mis vastab ka polümorfsele üleminekule).



Graafik 1.



Graafik 2.



Graafik 3.

Joon. 1.

Igal muul juhul aga, kui need kõverad ei lõiku ühes punktis, on kahe eutektika esinemise puhul paratamatult tegemist kahe erineva eutektilise täpiga.

Graafikul 2 kujutatud juhul asub lahustumiskõverate lõiketäpp (M) ülalpool lahustumiskõverate lõiketäppe jää kristallisatsiooni kõveraga (eutektilised täpid). Sellisel juhul β -rombilise modifikatsiooni eutektika sulamistemperatuur t_e' on madalam tetragoonilise modifikatsiooni eutektika sulamistemperatuurist t_e'' .

$$t_e' < t_e'' < t_m^0.$$

Kolmandal juhul, kui jää kristallisatsioonikõver lõikab lahustumiskõveraid ülalpool nende lõiketäppe (M), esineb vastupidine nähtus: tetragoonilise modifikatsiooni eutektiline täpp on madalam β -rombilise modifikatsiooni eutektilisest täpist.

$$t_m^0 < t_e'' < t_e'.$$

Antud töö põhiülesanneteks oli selgitada:

1. Kas on võimalik kõrvuti stabiilse modifikatsiooni eutektikaga ka metastabiilse modifikatsiooni eutektika esinemine.
2. Määrata vastavad eutektilised temperatuurid.
3. Selgitada, milline eespool toodud tüüpdiagrammidest vastab antud süsteemi reaalsele käitumisele.

Uurimise metoodika ja aparatuur

Antud töös kasutati füüsikalis-keemilise analüüsi uurimismeetodeid. Katsemetoodika ühendas endas kolme meetodit: 1) termilise analüüsi visuaalne meetod, 2) mikrostruktuuri uurimine mikroskoobi abil tavalises valguses ja 3) polariseeritud valguses.

Kogu antud uurimine toimus mikroskoobi all. Selleks kasutati polarisatsioonmikroskoopi, mille objektlaud oli asendatud erilise soojendus-jahutuslauaga, mis võimaldas süsteemi uurida mitmesugustel eri temperatuuridel. Soojendus-jahutuslaud valmistati TRÜ keemiakateedrite õppetöökojas, võttes eeskujuks TA Kurnakovi-nim. Anorgaanilise ja Üldise Keemia Instituudi orgaaniliste süsteemide laboratooriumis kasutatavat aparatuuri [5]. Soojendamine toimus siin elektrivoolu abil, kuna jahutamiseks kasutati vedelat õhku. Temperatuuri mõõtmist teostati tundliku termopaari abil. Selleks kasutati traadist, kuid väga õhukeseks taotud vask-konstantaan-termopaari, mis paigutati mikroskoobi aine- ja katteklaasi vahele. Termopaari teine jootekoht (nn. «külm» jootekoht) termostateeriti, hoides seda jää ja vee segus Dewar'i nõus. Termopaar oli ühendatud tundliku millivoltmeetriga. Täpsemaks temperatuuri lugemiseks galvanomeetri pealt kasutati okulaarmikromeeterskaalaga lugemismikroskoopi.

Mikrostruktuuri uurimisel tüüpilisemad struktuurid fotografeeriti. Mikropiltide saamiseks kasutati universaalset mikrofotopealist fotoplaatidele formaadis $6,5 \times 9$ cm.

Ekspperimentaalne osa

Süsteemi NH_4NO_3 — vesi uurimiseks valmistati mitmesuguse kontsentratsiooniga NH_4NO_3 lahuseid. Selleks kasutati preparaati «Kahlbaum puhas analüüsiks» ja lahustina kahekordselt destilleeritud vett.

Valmistatud lahuse tilgake paigutati mikroskoobi aine- ja katteklaasi vahele ning uuriti jahtumisel toimuvat kristallisatsiooni ja tahkunud süsteemi mikrostruktuuri.

Lahjematest, alla eutektilise kontsentratsiooniga lahustest kristalliseerub kõigepealt teatavasti välja jää. Selle tulemusena lahuse kontsentratsioon pidevalt kasvab ja jõudes eutektilise kontsentratsioonini, tahkub kogu ülejäänud osa süsteemist peenekristallilise eutektikana.

Foto 1 kujutab 10%-lise NH_4NO_3 lahuse tahkumisel tekkinud mikrostruktuuri. Põhimise osa fotost katavad valged jääkristallid, millede vahele kitsaste ribadena on nagu «kiilutud» peenekristalliline eutektika (tumedad ribad). Tingitud jää heksagoonilisest kristallsüsteemist, moodustavad harukristallid peateljega umbes 60° nurga.

Foto 2 näitab mikrostruktuuri, mis peaaegu vastab eutektilisele koostisele (40%). Üksikuid kristalle väikese suurenduse tõttu eraldada ei saa.

Kontsentratsioonide puhul, mis on suuremad eutektilisest kontsentratsioonist, hakkavad esimestena välja kristalliseeruma mitte enam jää, vaid juba soola (NH_4NO_3) kristallid.

Foto 3 kujutab 50%-lise NH_4NO_3 tahkunud süsteemi mikrostruktuuri. Näha on pikki nõelakujulisi ammooniumnitraadi kristalle halli eutektika foonil.

Need fotod olid võetud preparaatidest, mille temperatuur oli umbes $-20^{\circ}C$. Suurendus oli umbes 120 korda. Preparaadid olid saadud kõik võrdlemisi kiirel jahutamisel. Siin esines NH_4NO_3 nii eutektika koostises kui ka kristallidena tetragoonilises kristallvormis. Katsed näitasid, et süsteemi kiirel jahutamisel kristalliseerub välja just ainult madalamatel temperatuuridel stabiilne, s. o. tetragooniline modifikatsioon. Väga aeglasel jahutamisel sades-

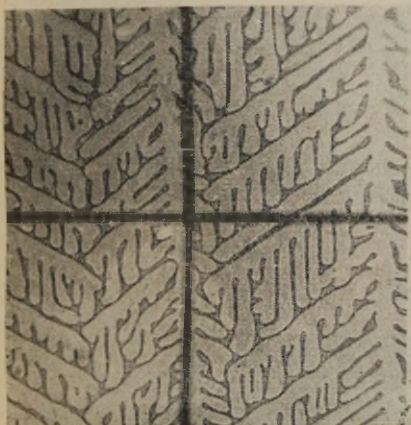


Foto 1.



Foto 2.

tub ka teine, s. o. β -rombiline modifikatsioon. β -rombilise modifikatsiooni kristalle saab tekitada ka sel teel, et kiirel jahutamisel tekkinud tetragoonilise modifikatsiooni kristalle soojendatakse kuni umbes -5° -ni. Siis hakkab toimuma polümorfne üleminek sellel temperatuuril metastabiilsest tetragoonilisest modifikatsioonist stabiilsele β -rombilisele.

Need kaks modifikatsiooni on kergesti eristatavad. Juba väliskujult on see märgatav: tetragooniline modifikatsioon kristalliseerub pikkade nõelakujuliste kristallidena, β -rombiline aga rombidena või laiade sakiliste plaatidena.

Eriti hea on neid kahte modifikatsiooni aga polariseeritud valguses eristada. Üks neist, nimelt β -rombiline, omab tugevat valguse kaksikmurdumisvõimet, kuna teisel modifikatsioonil see peaaegu täiesti puudub. Seetõttu on polariseeritud valguses hästi nähtavad ainult ühe (s.o. β -rombilise) modifikatsiooni kristallid.

Kui jahutada niisugust süsteemi, milles on kummagi eri modifikatsiooni kristallid ja lahus, saame kahe erineva modifikatsiooni eutektikad.

Fotodel 4 ja 5 on näha mõlema erineva modifikatsiooni kristalle ja eutektikaid. Foto 4 on võetud tavalises valguses,

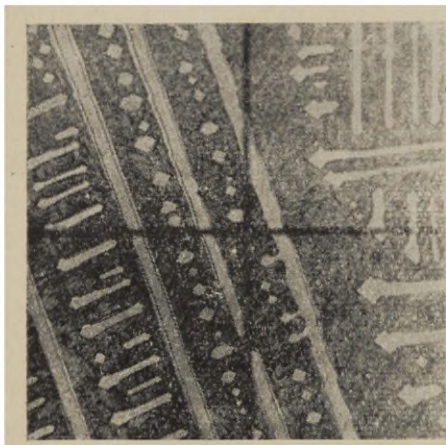


Foto 3.

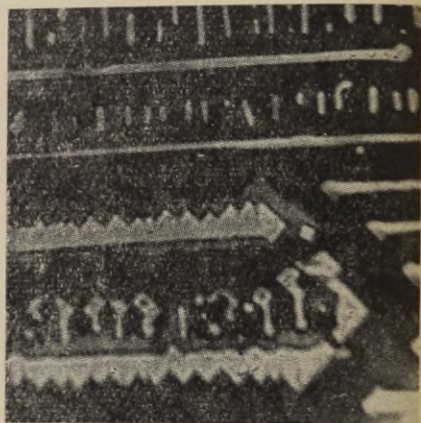


Foto 4.



Foto 5.

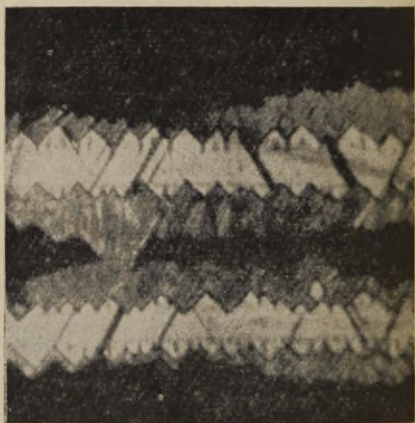


Foto 6.

foto 5 aga polariseeritud valguses. β -rombilise modifikatsiooni eutektikat on näha sama modifikatsiooni kristallide ümber.

Et siin on tegemist just kahe eri modifikatsiooniga, seda tõestab veel fakt, et temperatuuri edasisel alandamisel (-30 kuni -40° -ni) hakkab toimuma polümorfne üleminek rombiliselt modi-

fikatsioonilt tetragoonilisele. See aga ei toimu mitte korraga, üle kogu kristalli, vaid kristalli sees üksikute kiilusarnaste osadena. Seda on näha fotol 6.

Niisugust preparaati, milles esines kahe modifikatsiooni eutektika, edasi soojendades sulas alati varem ära tetragoonilise modifikatsiooni eutektika. Järelikult on siin tegemist 2 erineva eutektikaga, mis omavad erinevaid sulamistemperatuure. Sellest järeldub, et eespool toodud kolmest võimalikust diagrammist vastab tegelikkusele kolmas, s. t. polümorfse muundumise temperatuur on madalam eutektilistest temperatuuridest.

Eutektiliste temperatuuride määramisel paigutati aine- ja katteklaasi vahel lahusetilgas asuv termopaari jootekoht mikroskoobi vaatevälja. Muutes jahutuslaua temperatuuri jälgiti eutektika teket ja selle sulamist. Preparaadi esimesel jahutamisel esines eutektika teke alati teatava hilinemisega (allajahutamine). Seejärel tekkinud eutektikat soojendati ettevaatlikult. Kui termopaari ümber oli määratud eutektika sulamise algust, registreeriti vastav temperatuur. Seejärel jahutati uuesti. Et nüüd kristalltsentrid olid juba olemas, allajahutust enam ei esinenud. Nii soojendamist ja jahutamist korrates jõuti järjest lähemale eutektilisele täpile.

Mõõtmised näitasid, et $t'_e = -17,0^\circ$ (β -rombilise modifikatsiooni eutektika) ja $t''_e = -17,2^\circ$ (tetragoonilise modifikatsiooni eutektika).

Tulemused

Antud töö tulemusena tehti kindlaks, et süsteemi NH_4NO_3 — vesi puhul:

- 1) eksisteerib kaks eutektikat, millest kumbki vastab NH_4NO_3 eri modifikatsioonile.
- 2) Eri modifikatsioonide eutektikad omavad erinevaid eutektilisi temperatuure: β -rombilise modifikatsiooni juhul $-17,0^\circ C$ ja tetragoonilise modifikatsiooni juhul $-17,2^\circ C$.
- 3) Polümorfne muundumistäpp peab olema alla $-17,3^\circ C$.

KIRJANDUS

1. de Coppet, L. C. Z. phys. Ch. 22 (1879) 240.
2. Rüdorff, F. Ber. 2 (1869) (68).
3. Курнаков Н. С., Равич М. Изв. Инст. физ. хим. анализа (1933).
4. Millican, Joseph, Lowry. J. chem. Soc. 121 (1922) 961.
5. Равич Г. Б., Вольнова, В. А. и Цуринов Г. Г. Изд. сектора физ. хим. анализа (1949), 19, 220.

О ПОВЕДЕНИИ СИСТЕМЫ НИТРАТ АММОНИЯ — ВОДА ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

А. Лийва

Кружок общей химии. Руководитель Н. Ряго

Резюме

Литературные данные о системе NH_4NO_3 — H_2O при низких температурах противоречивы. Значения криогидратной температуры β -ромбической модификации и температуры превращения β -ромбической в тетрагональную колеблются в пределах ~ 2 градусов (-16° — -18°C). Конкретных данных о возможности получения второй, метастабильной эвтектики в литературе не имеется.

При изучении поведения данной системы при помощи поляризационного микроскопа при низких температурах (охлаждение током жидкого воздуха) нами найдено:

1. Возникновение второй, метастабильной эвтектики, легко опознаваемой при помощи поляризационного микроскопа по оптической активности (фото 6)

2. Обе эвтектические температуры:
 $T_{e1} = -17,0^\circ \text{C}$ для β -ромбической и $T_{e2} = -17,2^\circ \text{C}$ для тетрагональной модификации.

3. Температура превращения данных модификаций лежащая ниже обеих эвтектических температур, чем сужаются пределы колебаний литературных данных с 2° (-16° — -18°) до $0,7^\circ$ ($-17,3^\circ$ — -18°).

VANILLIINALKOHOLI SÜNTEESIST

M. Rubel

Orgaanilise keemia ring. Juhendaja V Palm

I. Literatuuri andmete ülevaade

Vanilliinalkohol ehk m-metoksü-p-hüdoksübensüülalkohol on tähtis vanilliini sünteesi seisukohast, sest ta on tõenäoline vaheprodukt vanilliini sünteesil, lähtudes guajakoolist [1].

Vanilliinalkoholi sünteesi on teostatud põhiliselt kahel meetodil:

- 1) guajakooli ja formaldehüüdi kondensatsioonil leeliseses keskkonnas [2, 3, 4, 5];
- 2) vanilliini katalüütilisel hüdreerimisel [7, 8, 9, 10, 11].

Vanilliinalkoholi saamine guajakooli ja formaldehüüdi kondensatsioonil omab vanilliini taandamismeetodite ees eelist seetõttu, et ta võimaldab kasutada sama lähteainet, mida kasutatakse vanilliini sünteesil, — guajakooli, kuid jätab kõrvale vahepeal vanilliini sünteesi ega vaja keerulist aparatuuri.

Guajakooli ja formaldehüüdi kondensatsiooni teel on saanud vanilliinalkoholi 1894. a. Lederer ja Manasse [2, 3, 4] ning 1936. a. Goethals [5]. Mõlemad viivad kondensatsiooni läbi leeliseses keskkonnas; nende poolt väljatöötatud eeskirjad erinevad ainult vanilliinalkoholi ja reageerimata jäänud guajakooli eraldamise viisi poolest. Lederer-Manasse eraldavad peale segu neutraliseerimist guajakooli veeauruga destilleerides, Goethals kasutab järkjärgulist hapustamist. Vanilliinalkoholi saagisest pole kummalgi juhul andmeid.

II. Eksperimentaalne osa

1. Lederer-Manasse ja Goethalsi poolt antud eeskirjade kontrollimine.

Lederer-Manasse poolt antud eeskirja järgi töötades ilmnes, et veeauruga destilleerides toimub reaktsioonisegus seoses temperatuuri tõusuga vaigustumisprotsess: tekib nähtavasti fenoolformaldehüüdvaigu tüüpi ühend ja pärastisel eetriga ekstraheerimisel vanilliinalkoholi saada ei õnnestunud.

Goethalsi poolt antud eeskirja järgi guajakooli ja vanilliinalkoholi eraldamine ei andnud samuti tulemusi. Lähtudes eeskirjast võib järeldada, et reageerimata jäänud guajakooli ja tekkinud vanilliinalkoholi eraldamine põhineb nende erineval happelisusel, kusjuures lahuses olevaist *Na*-fenolaatidest viiakse dissotsieerumata vormi enne üks ja pärast selle eetriga ekstraheerimist teine. Siit võib oletada, et guajakool on nõrgem hape kui vanilliinalkohol, viimane oletus on aga vastuolus elektronteooriaga. Selleks et vanilliinalkoholi ja guajakooli eraldada, on Goethalsi poolt antud hapustamispiirina 10% teoreetiliselt vajalikust hulgast H_2SO_4 lisamine. Teostati terve rida katseid mitmesuguste hapustamispiiridega. Goethalsi poolt antud hapustamispiiri puhul ei olnud võimalik vanilliinalkoholi ja guajakooli eraldada.

Varieerides hapustamispiiri saadi kätte vanilliinalkohol, kui oli lisatud 30% ja enam neutraliseerimiseks vajalikust happe hulgast. Neutraliseerimiseks kasutati 10%-list väävelhapat. Vanilliinalkoholi saagis sellistel juhtudel on 3,5—5%.

Optimaalse hapustamispiiri eksperimentaalne leidmine nõuaks hulga katseid. Vanilliinalkoholi ja guajakooli eraldamise efektiivsus sõltub nende suhtelisest happelisusest, lahustuvusest eetris ja keskkonna *pH*-st. Teades mainitud suurusi on võimalik ette näha optimaalsed eraldamistingimused. Selleks et välja arvutada vanilliinalkoholi ja guajakooli dissotsiatsiooniastme olenevus *pH*-st, on vaja teada nende dissotsiatsioonikonstante. Guajakoolil $K=1,0 \times 10^{-7}$ [12]. Vanilliinalkoholi dissotsiatsioonikonstandi kohta puuduvad kirjanduses andmed.

2. Vanilliinalkoholi dissotsiatsioonikonstandi määramine.

Dissotsiatsioonikonstandi määramine teostati vanilliinalkoholi kindla kontsentratsiooniga lahuse *pH* kaudu, viimase määramiseks valiti indikaatormeetod. Sobivaks indikaatoriks osutus p-nitrofenool, mille *pK* on 7,15 [13]. Valitud indikaatori happelise ja aluselise vormi suhteline kontsentratsioon määrati spektrofotomeetriselt. Mõõtmised teostati spektrofotomeetril CФ-4. Mõõdeti p-nitrofenooli absorptsioonispekter 5×10^{-4} *N* vanilliinalkoholi vesilahuses, aluselises ja happelises keskkonnas. p-nitrofenooli summaarne kontsentratsioon oli kõigis lahustes sama.

Dissotsieerunud ja dissotsieerumata vormi suhte p-nitrofenooli jaoks saame arvutada, lähtudes mainitud kolme lahuse optilistest tihedustest, mingil kindlal lainepikkusel.

Tähistame:

$E\lambda$ — p-nitrofenooli optiline tihedus vanilliinalkoholi lahuses lainepikkusel λ ,

$E\lambda_1$ — happelise vormi optiline tihedus lainepikkusel λ ,

$E\lambda_2$ — ioonse vormi optiline tihedus lainepikkusel λ ,

c_0 — p-nitrofenooli summaarne kontsentratsioon,

c_1 — p-nitrofenooli happelise vormi kontsentratsioon,
 c_2 — p-nitrofenooli ioonse vormi kontsentratsioon,
 d — lahuse kihi paksus (antud juhul $d=1$).

Kasutades Lambert-Beer'i seadust ja optilise tiheduse määramist, saame:

$$E_\lambda = E_{\lambda 1} + E_{\lambda 2} = k_{\lambda 1} c_1 d + k_{\lambda 2} c_2 d.$$

Et meid huvitab c_1 ja c_2 suhteline suurus, siis võime tinglikult võtta $c_0=1$, kusjuures $c_1 + c_2 = c_0$.

Saame:

$$c_1 = \frac{E_\lambda - k_{\lambda 2} C_0}{k_{\lambda 1} - k_{\lambda 2}}$$

Kasutades seda valemit leiame, mitu protsenti p-nitrofenooli on dissotsieerumata ja dissotsieeritud vormis. Kasutades pH arvutamiseks valemit

$$pH = pK + \lg \frac{c_2}{c_1},$$

saadi arvutuste tulemusena, et $pH=6,5$.

Teades pH , arvutame pK , mis saadi 9,75, ja seega $K=1,78 \cdot 10^{-10}$

Selgub, et vanilliinalkohol on vähem happeline kui guajakool. Seega pole Goethalsil mingit alust järkjärguliselt hapustades guajakooli eetriga ennem välja ekstraheerida, kuna vanilliinalkohol läheb varem dissotsieerumata vormi, vaid just vastupidi — tuleks ennem ekstraheerida välja vanilliinalkohol.

3. Vanilliinalkoholi ja guajakooli jaotuskoefitsientide määramine eetri ja vesilahuse vahel toatemperatuuril.

Vanilliinalkoholi kontsentratsioon lahuses enne ja pärast eetriga ekstraheerimist määrati, lähtudes absorptsioon-spektrist spektri ultravioletses osas, kusjuures ekstraheeritud aine hulk leiti kontsentratsioonide vahest. Võeti üles spektrid ja arvutati jaotuskoefitsient, mis saadi 0,44.

Analoogiliselt määrati guajakooli jaotuskoefitsient eetri ja vesilahuse vahel, saades 11,27

4. Optimaalse hapustamispiiri leidmisest.

Arvutame, millise pH puhul on vanilliinalkohol enamasti dissotsieerumata vormis, guajakool aga peaaegu täielikult dissotsieeritud vormis.

Võttes aluseks valemi

$$K = \frac{[H^+][A^-]}{[AH]}$$

ning märkides A_0 -ga üldkontsentratsiooni, avaldame dissotsieerumata vormi ja üldkontsentratsiooni suhte

$$\alpha = \frac{[AH]}{[A_0]} \frac{1}{1 + \frac{K}{[H^+]}}$$

Avaldame siit vesinikioonide kontsentratsiooni ja proovimise teel, pannes asemele α väärtusi, leiame pH , mille juures ühe aine puhul α oleks võimalikult lähedane ühele, teise puhul võimalikult lähedane nullile. Tähistame α_1 -ga dissotsieerumata vormi suhte üldkontsentratsioonisse vanilliinalkoholi jaoks ja α_2 -ga analoogilise suuruse guajakooli jaoks. Arvutades saame, et kui $\alpha_1 = 0,5$, s. t. 50% vanilliinalkoholi on dissotsieerumata vormis, siis lahuse pH peab olema 9,75. Hoides pH 9,75, teostame ekstraheerimist eetriga. Teades vanilliinalkoholi ja guajakooli jaotuskoefitsiente eetri ja vesilahuse vahel, arvutame, millise hulga on vaja ekstraheerida, et saada kätte enamik vanilliinalkoholi võimalikult vähesest guajakooli lisandiga. Arvutused näitasid, et ekstraheerides viiekordse eetrihulgaga saame kätte 50% vanilliinalkoholi, kusjuures guajakooli tuleb kaasa sellisel juhul 12,5%.

Seega vaatamata vanilliinalkoholi ja guajakooli happelisuse vahele ei ole neid võimalik eetriga ekstraheerides eraldada pH -de juures, kus vanilliinalkohol on tunduvalt suurel määral dissotsieerumata vormis, guajakool aga peaaegu täiesti dissotsieeritud, sest guajakool lahustub eetris palju paremini.

5. Vanilliinalkoholi ja guajakooli eraldamine eetriga ekstraheerimise teel neutraalses keskkonnas.

Võttes arvesse, et guajakooli ja vanilliinalkoholi lahustuvus on tunduvalt erinev (ca 25 korda), tehti järgnevalt katse eraldada neid pärast segu neutraliseerimist järkjärgulisel ekstrakttsioonil eetriga. Arvutused näitasid, et kõige sobivam on ekstraheerida 7 korda 0,1-kordse eetrihulgaga, võrreldes ekstraheeritava lahusega, siis saab kätte enamiku guajakoolist, kusjuures kaasa ekstraheerub 25% vanilliinalkoholi. Järgnevalt tuleb ekstraheerida välja vanilliinalkohol 4 korda 2,5-kordse eetrihulgaga, et kätte saada 97—98% vanilliinalkoholi.

Viidi läbi katse, lähtudes 0,1 moolist guajakoolist. Lahus neutraliseeriti lõplikult ja eraldati guajakool ja vanilliinalkohol, ekstraheerides ülaltoodud eetrihulkadega. Pärast eetri äradestilleerimist ja jäägi ümberkristalliseerimist keevast bensoolist saadi 1,8 g vanilliinalkoholi, mis on 11,7% teoreetilisest saagisest.

Et kindlaks teha kvantitatiivselt, kui palju tekib kondensatsioonil vanilliinalkoholi ja kui palju jääb reageerimata guajakooli, kasutati spektraalanalüüsi. Lähtudes 0,1 moolist guajakoolist, viidi läbi kondensatsioon, neutraliseeriti ja ekstraheeriti välja suure hulga

eetriga guajakool ja vanilliinalkohol koos, destilleeriti eeter pealt ja saadud segu kaaluti ning lahustati vees, määrati segu vesilahuse spekter. Mõõdeti kindla kontsentratsiooniga valmistatud vanilliinalkoholi ja guajakooli lahuste spektrid.

Võttes kahel lainepikkusel segu ekstinktsioonid, saame kahe tundmatuga võrrandsüsteemi:

$$E_{\lambda_1} = k_{\lambda_1} c_1 + k'_{\lambda_1} c_2$$

$$E_{\lambda_2} = k_{\lambda_2} c_1 + k'_{\lambda_2} c_2$$

c_1 — vanilliinalkoholi kontsentratsioon segus,

c_2 — guajakooli kontsentratsioon segus,

k_{λ} — vanilliinalkoholi neeldumiskoeffitsient lainepikkusel λ ,

k'_{λ} — guajakooli neeldumiskoeffitsient lainepikkusel λ .

k_{λ} ja k'_{λ} saame arvutada kindla kontsentratsiooniga vanilliinalkoholi ja guajakooli spektrist, seega võrrandsüsteemis E_{λ} , k_{λ} ja k'_{λ} on tuntud suurused, lahendades võrrandsüsteemi leiame c_1 ja c_2 . Teades lahuses c_1 ja c_2 ning võetud segu summaarset kaalu, saame arvutada, palju on segus vanilliinalkoholi ja guajakooli.

Arvutused näitasid, et lähtudes 12 g guajakoolist tekkis 2,5 g vanilliinalkoholi ja reageerimata jäi 4,2 g guajakooli. Spektraalanalüüsi teel kvantitatiivselt kindlaks määratud vanilliinalkoholi hulk on kooskõlas praktiliselt eraldatud vanilliinalkoholi hulgaga. Vanilliinalkoholi tekkis kondensatsiooni tulemusena 2,5 g, mis on 16,2% teoreetilisest saagisest. Neutraalses keskkonnas eraldati ekstraherimise teel 1,8 g, s. t. 72% tekkinud vanilliinalkoholi hulgast. Võttes arvesse, et 25% tekkinud vanilliinalkoholist ekstraherus koos guajakooliga, moodustavad eraldamise ja ümberkristalliseerimise kaod 3%.

III. Kokkuvõte

1. Määrati vanilliinalkoholi dissotsiatsioonikonstant, mis saadi $1,78 \times 10^{-10}$.

2. Mõõdeti vanilliinalkoholi vesilahuse absorptsioonispekter; spektri maksimum asub lainepikkusel 277,6 mμ.

3. Määrati vanilliinalkoholi ja guajakooli jaotuskoeffitsiendid eetri ja vesilahuse vahel toatemperatuuril, saades need vastavalt 0,44 ja 11,27

4. Lähtudes vanilliinalkoholi ja guajakooli dissotsiatsioonikonstantidest ja jaotuskoeffitsientidest eetri ja vesilahuse vahel, töötati välja optimaalsed tingimused vanilliinalkoholi ja guajakooli eraldamiseks.

5. Määrati guajakooli ja formaldehüüdi kondensatsioonil saadud vanilliinalkoholi saagise protsent.

KIRJANDUS

1. Geigy & Co, D. R. P. 105 798, Friedländer 5, 109 [1898].
2. Manasse, B. 27, 2411 [1894].
3. Lederer, Journ. f. prakt. Chemie, 50, 233 [1894].
4. Bayer & Co, D. R. P. 85 588, Friedländer 4, 96 [1894].
5. Goethals, Natuurwetensch. Tijdschr. 18, 249—255, 17/18 [1936] (Chemical Abstracts 1936, 7556b).
6. Wallace H., Carothers, Roger Adams, Journ. Americ. Chem. Soc. 46, 1675—83 [1924]; (C. 1924, II, 1181).
7. Берли А. Я., Шерлин С. М., Серебренникова, ЖОХ, 19 вып., 4, 766 [1949].
8. Vavon, C. r. 154, 360; A. ch. [9] 1, 159 [1914].
9. Voorhees, V., Roger Adams, Journ. Americ. Chem. Soc. 44, 1398—1405 [1922]; (C. 1922, II 1369).
10. R. I. du Pont de Nemours & Co., A. P. 2 046 011 [1934].
11. Irwin—A. Pearl, J. Org. Chem., 12, 79 [1947].
12. Физер, Органическая химия, Иност. Лит. Москва, 1949.
13. Химические реактивы и препараты, Госхимиздат, М.—Л. 1953.

О СИНТЕЗЕ ВАНИЛИНОВОГО СПИРТА

М. Рубель

Кружок органической химии. Руководитель В. Пальм

Резюме

Ванилиновый спирт является важным с точки зрения синтеза ванилина, так как он является вероятным промежуточным продуктом синтеза, если исходить из гваякола [1].

Одним из методов синтеза ванилинового спирта является конденсация гваякола формальдегидом. Таким образом получали ванилиновый спирт Ледерер (Lederer) и Манассе (Manasse) [2, 3, 4]. Этот метод усовершенствовал Гётгальс (Goethals) [5]. Работая по предписаниям этих авторов, нам не удалось отделить возникнувший ванилиновый спирт от нероагировавшего гваякола.

Так как эффективность разделения ванилинового спирта и гваякола зависит от их относительной кислотности, растворимости в эфире и от pH среды, то теоретически можно найти оптимальные условия разделения.

Экспериментально определялась константа диссоциации, коэффициенты распределения ванилинового спирта и гваякола эфиром и водой при комнатной температуре. Исходя из этих определенных величин, выяснены оптимальные условия для разделения ванилинового спирта и гваякола.

Анализ смеси ванилинового спирта и гваякола проводился спектрофотометрическим путем.

MÕNINGATE KATIOONIDE ANALÜÜS PABER-JAOTUVUSKROMATOGRAAFILISEL MEETODIL

E. Johannes, R. Sirg, M. Põld ja H. Väljak

Analüütilise keemia ring. Juhendaja A. Konsin

Paberkromatograafia oma lihtsuse ja suure tundlikkuse tõttu on laialdaselt rakendatav uurimismeetod. Tänu paberkromatograafiale on keemias edukalt lahendatud rida probleeme, mida teiste meetoditega ei suudetud lahendada. Paber-jaotuvuskromatograafias — paberkromatograafia enam rakendamist leidnud harus — on kirjanduses ainult väheseid andmeid kodumaiste filterpaberisortide kasutamise kohta. Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida Fe^{3+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} katioonide eraldamise võimalusi paberkromatograafilisel meetodil, kasutades selleks laboratoorses praktikas tarvitatavaid filterpaberisorte: filterpaberit «valge lint», «punane lint», «sinine lint», tavalist poogenfilterpaberit ja filterpaberit «Carl Schleicher & Schüll» nr. 597

Katsed teostati Fe^{3+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} katioonidega, mida kasutati kloriididena, välja arvatud Bi^{3+} , mis oli nitraadina.

Ilmutuslahustiks oli *n*-butanool 20% HCl lisandusega [1].

Katioonid identifitseeriti 8-oksükinoliini alkohoolse lahusega ja ammooniumsulfiidiga.

Katsete teostamisel kasutati ringkromatograafiat [2]. Selleks tehti filterpaberile (diameetriga 6—8 cm) kaks paralleelset lõiget ketta servast keskpunktini 2 mm kaugusel teineteisest. Saadud keeleke painutati perpendikulaarselt ketta tasapinnaga ja lõigati 1,5 cm pikkuseks. Ketta keskpunkti kanti kapillaari abil uuritav lahus, millest tekkinud niiske plekk kuivatati toatemperatuuril. Filterpaber asetati plastmassist kaussi parafiiniga kaetud papist rõngale ja kauss kaeti klaasplaadiga. Ilmutuslahustit ei valatud mitte kausi põhjale, vaid umbes 2,5-ml-se mahuga klaasnõusse, et vältida ilmutuslahusti saastumist ja liigset kulu. Ruumi kiiremaks küllastamiseks ilmutuslahusti aurudega kaeti kausi põhi ilmutuslahustiga immutatud filterpaberiga.

Eespoolnimetatud filterpaberisortide segavate lisandite sisaldus tehti kindlaks nn. pimekromatogrammide abil. Selleks ilmutati pabereid sama ilmutuslahustiga, mida kasutati katioonide eraldamiseks. Pärast ilmutamist kuivatati pimekromatogrammid toatemperatuuril

ja töödeldi lahjendatud ammooniumsulfiidi lahusega. Tavaline poogenfilterpaber andis ilmutuslahusti frondis tumeda ringi, mis oli tingitud rauast. Teistel paberisortidel ei olnud lisandit päevavalguses avastatavad, kuid ultravioletsete kiirte abil oli võimalik ka filterpaberites «sinine lint», «punane lint» ja «Carl Schleicher & Schüll» nr. 597 rauasisaldust kindlaks teha. Nimetatud filterpaberid peale «valge lindi» olid ebaühtlase tihedusega. «Sinise lindi» puuduseks oli veel ka asjaolu, et see sisaldas hulgaliselt lisandeid, mida ilmutuslahusti paberist välja ei pesnud, kuid mis katioonide kromatografeerimisel adsorbeerisid viimaseid tugevasti ja hajutasid need väikeste tumedate läppidena üle kogu kromatogrammi pinna. Seega osutus kõige sobivamaks kasutada kromatografeerimisel filterpaberit «valge lint».

Ilmutuslahusti toimetel paberist väljapestud teisi lisandeid, mis $(NH_4)_2S$ -ga värvilisi sulfiide ei andnud, ei uuritud.

Katioonide eraldusefekt sõltub algpleki suuruselt [2]. 2 mm-st suurema diameetriga algpleki puhul ei saadud teravalt piiritletud plekkidega kromatogramme.

Töö käigus selgus, et algpleki asukoht avaldab mõju eraldunud katioonide plekkide kujule. Algplekk, mille keskpunkt asetses keelekese murdejoonel, põhjustas kontsentriliste ringide teket, seevastu keele murdejoonest veidi kaugemale (ca 1—2 mm) asetatud algpleki puhul moodustusid ainult lühikesed kaared. Selline tilga asetus annab hea võimaluse katioonide avastamiseks segude mitmesuguste kombinatsioonide korral. Nii näiteks Ni^{++} jälgede tõestamiseks Cu^{++} ja Fe^{+++} liias oli parem asetada tilk otse keelekese murdejoonele, kuna siis Cu^{++} ja Fe^{+++} liikusid kontsentriliste ringidena suuremale kromatogrammi pinnaosale ega seganud Ni^{++} avastamist, mis moodustas väikese ringikese algpleki läheduses.

Kirjanduse andmeil on võimalik lühendada kromatogrammi ilmutusaega ja parandada eraldusefekti, kui enne ilmutamist töödelda filterpaberit veeaurudega [3]. Hoides filterpaberit veeaurudes 10, 20 ja 30 min., osutus kõige sobivamaks 10-minutiline filterpaberi aurutamine. 20- ja 30-minutilise aurutamise puhul oli märgata R_f -väärtuste muutumist: R_f -väärtus Ni^{++} suurenes, Fe^{+++} aga vähenes ja peaaegu kõik katioonid kattusid kromatogrammi keskmises osas.

Kromatogrammi ilmutamine kestis keskmiselt 1—1,5 tundi, mis oli küllaldane antud 5 katiooni eraldamiseks.

Pärast kromatogrammi ilmutamist kuivatati see toatemperatuuril. Katioonide identifitseerimiseks niisutati kromatogramm ammooniumsulfiidi lahusega ja kuivatati õhu käes. Katioonide asukohtades tulid nähtavale sulfiidide musta värvusega kaared või kontsentrilised ringid laiusega 1—3 mm. Cu^{++} ja Bi^{+++} sulfiidid olid kromatogrammil pruunika värvusega.

Katioonide avastamiseks sulfiididena kasutati ka ultravioletset valgust. Ammooniumsulfiidi kontsentreeritud lahus neelab tugevasti ultravioletseid kiiri, mistõttu kromatogramm värvub mustaks.

Kasutades 1%-list ammooniumsulfidi lahust oli adsorptsioonist põhjustatud must värvus niivõrd nõrk, et see enam ei seganud katioonide avastamist, millede sulfiididel oli ultravioletses valguses intensiivne must värvus.

Ultravioletsete kiirte allikana kasutati kvartslampi ПРК-2. Nähtav spektriosa kõrvaldati valgusfiltri УФС-2 abil. Kromatogramme vaadeldi pealelangevas valguses. Kvartslambi abil oli võimalik kindlaks määrata ka filterpaberite puhtust ja vältida seega juhuslikult saastunud pinnaga filterpaberite kasutamist.

Reeves ja Crumpler kasutasid eespoolnimetatud katioonide identifitseerimiseks 1%-list 8-oksükiniliini alkohoolset lahust ja avastasid nende asukohad fluorestsentsi abil [1]. Analoogilised katsed filterpaberiga «valge lint» ei andnud tulemusi. Katioonid olid küll ultravioletses valguses avastatavad, kuid mitte nende fluorestsentsi, vaid adsorptsiooni järgi. Kromatogrammi töötlemisel 0,5%-lise, 0,05%-lise ja 0,005%-lise 8-oksükinoliini alkohoolse lahusega ei olnud samuti positiivsed tulemusi.

Katioonide segu analüüsimisel on vaja teada iga katiooni asukohta kromatogrammil. Selleks teostati rida katseid üksikute katioonidega ja arvatati nende R_f -väärtused. R_f -väärtuste leidmiseks mõõdeti katiooni asukoha ja ilmutuslahusti frondi kaugused algplekist ning arvatati nende suhe.

Määratud üksikute katioonide R_f -väärtused, teostati järgmiste katioonide segude analüüs: $Fe-Co-Ni$, $Fe-Co-Ni-Cu$, $Fe-Co-Ni-Bi$, $Fe-Co-Ni-Cu-Bi$. Selleks kasutati 0,02 n lahuseid, mis sisaldasid võrdsed hulgad iga katiooni. Nimetatud segudes oli võimalik kõiki katioone üksteisest eraldada, kusjuures katioonid asetuisid algplekist alates järgmises järjekorras: $Ni-Co-Cu-Bi-Fe$. Ka segude kromatogrammidele leiti üksikute katioonide R_f -väärtused. Tabelis 1 on toodud katioonide R_f -väärtused nii üksikmääramistel kui ka segudes.

Tabel 1

Katioon	Kasutatud sool	R_f -väärtused üksikmääramisel	R_f -väärtused segudes	Katioon fikseeriti
Ni^{++}	kloriid	0,15	0,20	sulfiidina ultravioletses valguses
Co^{++}		0,40	0,40	"
Cu^{++}		0,50	0,55	"
Bi^{+++}	nitraat	0,70	0,65	
Fe^{+++}	kloriid	1,00	1,00	

R_f -väärtused on mõõdetud temperatuuril $20 \pm 2^\circ C$ ja antud ümardatuna.

Nagu tabeli andmeist nähtub, erinevad katiooni R_f -väärtused

üksikmääramisel ja segudes teineteisest väga vähe. Seega katioonide eraldumine toimub üksteisest sõltumatult.

Katioonide avastamismiinimumi määramist teostati segudega *Fe-Co-Ni-Cu* ja *Fe-Co-Ni-Bi*, mis sisaldasid iga katiooni järgmistes hulkades Fe^{+++} —0,09γ/μl, Ni^{++} —1,54γ/μl, Co^{++} —1,06γ/μl, Cu^{++} —1,15γ/μl, Bi^{+++} —3,13γ/μl. Lahus kanti filterpaberile kalibreeritud kapillaari abil, mõõtes lahuse ruumala 0,01μl täpsusega.

Väikseimad katioonide hulgad, mida oli võimalik antud segudest eraldada ja avastada, on toodud tabelis 2.

Tabel 2

Katsoon	Avastamismiinimum γ-des	Katsoon fikseeriti
Fe^{3+}	0,04	sulfiidina ultravioletses valguses
Ni^{2+}	0,30	
Co^{2+}	0,40	
Cu^{2+}	0,40	
Bi^{3+}	0,60	

Analüüsiks sobivaim aine hulk oli 1—5γ, kuna siis tekkinud sulfiidide värvused olid küllalt intensiivsed ja kergesti avastatavad.

Väga lahjade lahuste puhul oli kasulik neid enne ilmutamist kontsentreerida otse paberil. Selleks kanti lahuse tilk filterpaberile ja lasti ära kuivada. Operatsiooni korrati seni, kuni saavutati tõestamiseks vajalik kontsentratsioon. Teostades lahuse sellist kontsenteerimist paberil on võimalik avastada eespoolnimetatud katioonide väga väikesi hulki.

Kokkuvõte

Käesolevas töös: 1. Määrati kindlaks optimaalsed tingimused katioonide segu Fe^{+++} , Bi^{+++} , Cu^{++} , Co^{++} ja Ni^{++} eraldamiseks filterpaberil «valge lint».

2. Määrati Fe^{+++} , Bi^{+++} , Cu^{++} , Co^{++} , Ni^{++} R_f -väärtused ja avastamismiinimumid filterpaberil «valge lint», identifitseerides katioone sulfiididena ultravioletses valguses.

KIRJANDUS

1. Reeves, W. A., Crumpler, T. B. *Analyt. Chem.*, 23 (1951), 1976.
2. Блок Р., Лестранж Р., Цвейг Г. *Хроматография на бумаге*, М. 1954.
3. Pöhm, M. *Österr. Chem.—Ztg.*, 54, № 15/16 (1953), 241—242 (PЖХ № 15 (1954), 35716).

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ КАТИОНОВ МЕТОДОМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ НА БУМАГЕ

Э. Иоханнес, Р. Сирг, М. Пыльд, Х. Вяльяк

Кружок аналитической химии. Руководитель А. Консин

Резюме

В настоящей работе изучалась возможность разделения катионов Fe^{3+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} и Ni^{2+} из их смесей при помощи бумажной хроматографии; для этого были использованы различные отечественные марки фильтровальной бумаги.

В работе применялась круговая хроматография с идентификацией катионов в форме сульфидов и ультрафиолетовом свете.

Определены: а) оптимальные условия разделения, б) открываемый минимум и в) значения R_f вышеуказанных катионов.

В работе доказано, что для разделения катионов Fe^{3+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} и Ni^{2+} можно с успехом применять отечественную фильтровальную бумагу марки «белая лента».

JÕHVIKA LEVIK IDA-EESTI SOODES JA TEMA KASUTAMISE VÄLJAVAATED

L. Lamp

Juhendaja A. Vaga

Käesoleval ajal eristatakse 5 jõhvika liiki. Neist esinevad Eesti NSV-s kaks: harilik jõhvikas (*Oxycoccus quadripetalus* Gilib.) ja väikeseviljaline jõhvikas (*Oxycoccus microcarpus* Turcz.)

Tähtsam ja tavalisem on meil harilik jõhvikas. Ta on kääbuspõõsas, pikkade roomavate peenikeste puitunud vartega. Lehed on igihaljad. Oiekroon on karminiroosa, tagasikäändunud kroonitipmetega. Vili on mahlakas, tumepunase värvusega, talvituv mari. Marja kuhu varieerub kerajast piklikuni.

Väikeseviljaline jõhvikas erineb harilikust jõhvikast lehtede, õite ja viljade tunduvalt väiksemate mõõtmete ja paljaste või pea-aegu paljaste õieraagude poolest.

Hariliku jõhvika ja väikeseviljalise jõhvika areaal võtab enda alla Euroopa põhja- ja keskosa, Kagu-Siberi, Põhja-Jaapani, Kanada ja USA kirdeosa. Mainitud aladel esineb harilik jõhvikas turbasamblal rabades ja siirdesoodes. Ta on rohkem kohanenud siirdesoo tingimustele, kuigi ta siin esineb kohati. Kõrgraba tingimustes ta esineb ühtlasemalt, kuid väga hõredalt. Tihedamini leidub teda rabade ääreesades.

Meie oludes on märgitud jõhvika optimaalsemad arengutingimused soodes, kus aluspõhi asub 1,5—1,8 m sügavusel, kusjuures turbaks on villpea-turbasamblaturvas metsasamblaosadega või tarna-turbasamblaturvas osjaosadega lagunemisastmega 70—80%.

Mineraalmaal leidub jõhvikaid vähe.

Rabades omab jõhvika toitumisel suurt tähtsust mükoriisa esinemine. Rayner (1929) oma katsetega tuli järeldusele, et jõhvikataime ja mükoriisa vahel on tihe side. Samale järeldusele tulid Addens ja Munke 1931. a., viies katsed läbi Põhja-Ameerikas esineva suureviljalise jõhvikaga. Nad tegid ka kindlaks, et ekto- ja endotroofne mütseel ei ole mitte ainult juurtes, vaid ka vartes, lehtedes ja viljades. Vaatamata nendele tähtsatele töödele vajab mükoriisaküsimus veel uurimist.

Tähtis on mittetäieliku seene *Phoma radicis* avastamine jõhvika

juurteil Ternetz'i (1904, 1907) poolt. Katsed selle seenekesega näitasid, et ta võib siduda atmosfäärset N_2 , aga siiski vähem energiliselt kui *Clostridium Pasteurianum*.

Mida paremad on toitumistingimused, seda arenenum on jõhvikas. Siirdesoodes, kus toitaineid on küllaldaselt, on jõhvikas suurte viljadega, ta saak võib siin ulatuda 2 tonnini hektarilt, kuid jõhvika esinemine siirdesoo on ebaühtlane, mistõttu soo ulatuses arvestades ha-saak võib langeda väga madalale. Rabades on toitaineid vähe, siin on jõhvikate viljad, aga ka lehed ja võrsed palju väiksemad kui siirdesoo, jõhvikate esinemine on aga ühtlasem.

Põhja-Ameerikas tehti katseid suureviljalise jõhvika väetamisega. Tulemus oli positiivne, viljad suurenesid tunduvalt. Et suureviljalise jõhvika ökoloogia on sarnane meie harilikku jõhvika ökoloogiaga, siis võiks sama efekti saada ka meil.

Kuigi soos on vett küllaldaselt, on sootaimestik siiski kseromorfse iseloomuga. Jõhvika lehed on kujunenud nahkseks, õhulõhed on ainult alumisel küljel, lehed on kaetud vahakihi. See kseromorfism on tingitud t° -de vahest, mis on taime maapealse osa ja juure vahel. Suur t° -de vahe takistab vee ja toitainete voolu taime ülemistesse osadesse.

Teiseks jõhvikale mõjuvaks faktoriks on valgus. Soode valgustustingimused võivad olla väga mitmesugused.

Beljajevi (1938) andmete järgi Leningradi oblastis jõhvikas eelistab lahtist, hästi valgustatud ala, kusjuures hästi valgustatud alal on jõhvika areng ja saak parem kui varjatud alal. Samuti tuli ta järeldusele, et hea valgustusega aladel on suhkrusisaldus suurem. Tavaliselt oli suhkrusisaldus marjades 3,5%, hea valgustusega aladel aga 4%. Siirdesoo ulatus marjade suhkrusisaldus 5%-ni.

Meie kõrgrabas heades valgustustingimustes kasvanud marjade suhkrusisaldus on 3,7%, siirdesoo marjadel 4,2—4,4%. Samuti on kõrgraba marjad siirdesoo marjadest tunduvalt väiksemad. Ei tohi aga unustada, et viljade suhkrusisaldusele ja suurusele avaldab mõju keeruline faktorite kompleks, aga mitte üksikfaktor. See tõttu ei saa valgust lugeda ainukeseks otsustavaks faktoriks.

Suurem osa jõhvika juurtest laiub elavas turbasamblakihis, kulgedes 5—15 cm sügavusel, kuid elavaid juurestiku osi võib leida veel kuni 25 cm sügavuseni. Uurides juurestikku õnnestus saada jõhvikaid, mille risoom oli kuni 150 cm pikk. See kulges kuni 1 m pikkuselt, aeglaselt langedes 15 cm sügavuseni, siis aga sügavus järsku tõusis ja risoom laskus sügavusse peaaegu vertikaalselt. Risoom katkes 25—28 cm sügavusel. Suurim sügavus, kust teda on leitud, on 30 cm, seejuures elavad juureosad ei ulatunud kunagi üle 25 cm sügavuse.

Looduslikes tingimustes on jõhvikate peamiseks paljunemiseviisiks vegetatiivne paljunemine. Jõhvika samblaga kaetud võrsetel moodustuvad uued juured; sellised võrsed hakkavad funktsioneerima kui iseseisvad taimed. See nähtus esineb ka teistel rabataimedel. Vegetatiivse paljunemise rohkus ja ilmne ülekaal raba taim-

kattes jätab mulje, nagu puuduks rabades täielikult paljunemine seemnete abil. Rabataimede, eriti aga jõhvika tõusmeid on väga vähe leitud. Esineb vaid üksikuid leide väljaspool turbasammalt. Kirjanduses leidub katsete andmeid, mis näitavad, et kanarbikulisel kulub seemne valmimisest idanemiseni palju aega — jõhvikal poolteist kuni 4 aastat. Kinzeli järgi algas jõhvikal idanemine 15-ndal kuul, 40 kuu järel oli idanenud 23%, 4 aasta järel 33% seemnetest. Need andmed võivad olla maksivad ainult sel juhul, kui terved marjad on asetatud idanemistingimustesse. Mainitud juhul peab enne hävima marja tihe kest ja alles siis saab seeme alustada idanemist.

Jõhvikate paljunemise küsimuse selgitamiseks teostas Üleliidulise Konservitööstuste Teadusliku Uurimise Instituudi Tartu Katsepunkt rea katseid, mis on toodud tabelis nr. 1.

Tabel nr. 1

Jrk. nr.	Külvi teostamise aeg	Külvi esimese kontrollimise aeg	Tärganud taimede %	Märkusi
1.	12. V 1952	21. VII 1952	25%	} kaetud turbasamblaga
2.	5. VI 1952	21. VII 1952	20%	
3.	4. VII 1952	10. VIII 1952	20%	} kaetud liivaga
4.	2. VII 1953	8. VII 1953	25%	
5.	9. VII 1953	14. X 1953	60%	} kaetud turbasamblaga
6.	14. X 1953*	18. V 1954	76%	

Esitatud külvide olukord 1955. aasta suvel oli võrdlemisi hea. Tõusmete % oli tunduvalt suurenenud. 1952. aasta külvidel ulatus võrsete pikkus 15 cm-ni, 1953. a. külvidel oli võrsete pikkus kuni 9 cm.

1954. aasta katsetes kasutati mitmesugust külviset ettevalmistust. Katsefide andmed on toodud tabelis nr. 2.

Tabel nr. 2

Jrk. nr.	Katse teostamise aeg	Kontrollimise aeg	Tõusmete %	Külvimaterjali iseloom
1.	19. V 1954	8. VI 1954	75%	marja kest purustatud, seemned koos mahlagaga
2.	19. V 1954	8. VI 1954	60%	seemned puhastatud, heledas päikesevalguses kuivanud 1,5 tundi
3.	19. V 1954	8. VI 1954	ei ole	terved marjad
4.	8. VI 1954	10. VII 1954	70%	seemned mahlagaga
5.	8. VI 1954	10. VII 1954	55%	seemned kuivatatud
6.	8. VI 1954	10. VII 1954	ei ole	terved marjad

* 14. okt. 1953. a. teostatud katses on külvatud 11. augustil korjatud kirsja vormi seemned. Seemned idanesid 100%-liselt.

1954. a. septembriks oli 19. mail purustatud marjadega ja puhastatud seemnetega teostatud külvide tõusmete pikkus kuni 1,5 cm, terved marjad aga olid endises olekus.

Pistikutega paljundamise katsed andsid vähem efektiivseid tulemusi; juurdunud võrsete istutamine parematesse ökoloogilistesse tingimustesse andis aga 100%-lise tulemuse, olenemata istutamisaajast.

Teataval määral on uurimisi tehtud ka jõhvika õitsemise ja viljumise bioloogia selgitamiseks.

Hariliku jõhvika õied on koondunud eelmise aasta võrsete tippu 2—12 kaupa, sagedamini esineb 2—7 õiega jõhvikaid. Väikeseviljalisel jõhvikal on 1—7 õit, sagedamini on aga õied 1—3 kaupa. Õiepungade arv ja õitsemise intensiivsus olenevad eelmise aasta suve meteoroloogilistest tingimustest, mille vältel toimud punegade moodustumine. Kui õiepungade moodustumise suvel on küllalt kõrge t° , siis on õiepungade arv suurem, samuti on ka pungad elujõulisemad ja järgnev saak on tunduvalt suurem. Kogemused näitavad, et õiepungade moodustumine on hea sel juhul, kui kolme suvekuu keskmine temperatuur on 16° — 20° piirides.

Väikeseviljaline jõhvikas õitseb mai lõpus ja juuni esimeses dekaadis. Hariliku jõhvika õitsemine algab tavaliselt juuni esimestel päevadel ja massiline õitsemine kestab juuli alguseni. Pärast seda võib kohata ainult üksikuid õisi. Ühe jõhvikataime õitsemine kestab 15—18 päeva; selline küllaltki pikk aeg on vajalik täielikuks tolmlemiseks.

Jõhvika tolmlemisviisi küsimus on kaua olnud vaieldav. On arvatud, et toimub isetolmlemine juba õienupus (Warming). Teiselt poolt on väidetud, et tolmlemine viiakse läbi putukate poolt (Knuth).

W. Gleisbergi (1922) katsed näitavad, et jõhvikal esineb risttolmlemine. Seejuures võib väga vähesel määral toimuda ka isetolmlemine.

1954. a. kevadel isoleerisin (kahekordse marlist kotikesega) 100 jõhvikataime õied. Isoleeritud õitest viljus 8%.

Jõhvika keemilise koostise uurimised näitavad, et meie oludes kõigub suhkruhulk 2,8—5% vahel. Suhkrutest on ülekaalus monosahhariidid — glükoos ja fruktoos, sahharoosi hulk on väike ja võib ka täiesti puududa.

Orgaanilistest hapetest esineb sidrun-, hiniin- ja bensoehapet. Bensoehapet on väga väikestes hulkades, kuid antiseptilise ainega ta soodustab marjade säilimist. Ka suur sidrunhappesisaldus (3%) tõstab marjade säilimisvõimet. Bensoehape võib esineda marjades vabal kujul või seotult glükosiidvaksiniinina. Antiseptiline konserveeriv toime on ainult vabal bensoehappel. Pektiinaineid on jõhvikas 0,72%; need on suure želeeriva toimega. Antud asjaolude tõttu on jõhvikast võimalik valmistada väga mitmesuguseid tooteid. Lämmastikuühendeid on üldiselt vähe.

Jõhvikates esineb C-vitamiini 10—32 mg %; seismisel vita-

miinihulk väheneb. Peale selle leidub vähesel määral ka A-vitamiini ja et jõhvikas esineb sidrunhapet, siis peaks tõenäoliselt esinema ka P-vitamiini.

Marjakestadest leidub vahataolisi aineid, mis kaitsevad jõhvikamarju mikroorganismide vastu, samuti ka auramise ja niiskuse sissetungimise vastu. Mineraalainetest leiduvad jõhvikas K, Ca, S, Fe ja Mn ning J jäljed.

Jõhvikas keemiline koostis sõltub korjamisajast ja kliimaatilistest tingimustest.

Alljärgnevas tabelis on toodud jõhvikas keemiline koostis erinevate välitingimuste puhul.

Tabel nr. 3

Jrk. nr.	Analüüsi teostamise aeg	Millise iseloomuga on analüüsitud marjad	Suhkru %	Happe %	Kuivaine %
1.	Septembri algus	Valmimata roosakajahune	3,5	3,2	8
2.	— - —	Valminud mari	4,2	2,8	10
3.	Juuni II dekaad	Normaaltingimustes talvitunud mari	4,6	3,2	10
4.	— — —	Kevadel tugevasti üleujutatud alal vee seest korjatud	2,7	2,5	7,2
5.	November	Sügisel korjatud, seejärel õues välitingimuste mõju all seisnud mari	3,8	3	8

Kui kiiresti muutub marjade keemilise koostise protsentuaalne koostis, seda näitab järgnev tabel:

Tabel nr. 4

Korjamise aeg	Kuivaine	Invert-suhkur	Sahharoos	Üldine suhkur	Hape	Pektiin
21. VIII	12,75	3,17	0,21	3,38	2,96	0,17
12. IX	12,95	4,35	0,25	4,60	3,24	0,21
12. X	11,11	4,60	0,28	4,88	3,47	0,58

Marjade keemilise koostise protsentuaalseid erinevusi sügisel ja kevadel näitab tabel nr. 5.

Tabel nr. 5

Koostisained	Sügisel korjatud marjad	Talvitunud marjad
Invertsuhkur	3,04	3,98
Sahharoos	0,20	0,18
Üldine suhkur	3,24	4,18
Happed	3,02	2,76
Pektiin	0,41	0,42
Lämmastikühendid	0,53	0,53

Värskete marjade säilitamisel sõltub marjade kvaliteet säilitamistingimustest, orgaaniliste hapete sisaldusest ja bensoehappe hulgast. Talvitunud marjad säilivad halvemini sügisel korjatud marjadest, sest happe hulk väheneb.

Vaatamata sellele, et talvitunud mari värskel kujul on maitsvam kui sügisene mari, tuleb tooraine ümbertöötamiseks kõne alla ainult sügisene mari. Talvitunud mari ei sisalda peaaegu üldse C-vitamiini, ka sügiseste marjade säilitamisel väheneb vitamiini aktiivsus ja lõpuks kaob. Mõnede autorite järgi sulfideeritud jõhvikate säilitamisel C-vitamiin ei kao.

Senised jõhvikamarja uurimised on tehtud peamiselt häriliku keraja vormi kohta, kuid edaspidi peaks rohkem tähelepanu pöörama jõhvika erinevate vormide keemilise koostise uurimisele.

Eesti NSV-s on jõhvikamarja levinumateks vormideks harilik kerajas vorm, piklik vorm, suur pirnjas vorm, mis valmib kuni 2 nädalat varem harilikust vormist, ja suur kirsjas vorm; vähem leidub pohlataolist vormi ja hilist täpelist vormi.

Tartu rajoonis asetsevas Kääbassaare soos (siirdesoo) on kõige enam levinud harilik kerajas vorm, eriti soo ääresades, kus ühel ruutmeetril esineb 300—400 marja. Soo keskel väheneb marjade arv m²-l 150—200 piiridesse, kohati puuduvad marjad täiesti. Selles soos esineb ka piklik jõhvika vorm. Näiteks soo äärest 500 meetri kaugusel oli ruutmeetril jõhvika võrseid 932, marju 387. Nendest oli 78 piklikku jõhvikat ja 8 pirnjat vormi, ülejäänud olid harilikku kerajat vormi.

Täiesti soo keskel *Sphagnum magellanicum*'i padjandil analüüsiruudus oli jõhvika võrsete arv 2048, marju 387. Jõhvika vormina esineb hiline vorm, mille õitsemine toimus 3 nädalat hiljem teistest vormidest. 14. septembril (1954. a.) olid marjad veel roosad, osalt täiesti rohelised, kuna teised jõhvikad olid juba valminud. Marjad on kaetud täpikestega. Kirjeldatud vorm esineb 2—10 m² suuruste laikudena hajusalt soo kesk- ja lõunaosas, kus teda ümbritseb harilik kerajas vorm.

Sama rajooni Leego soos katab harilik kerajas vorm ühtlaselt kogu ala. Esineb ka piklikku vormi ja pirnjat vormi, kuid tunduvat vähem kui Kääbassaare soos. Leego soos oleva Unnuksaare osas esineb pohlataoline kuju. Ta on väike, hästi tume, paksukestaline, täpikestega. Marja kujule võib siin mõju avaldajaks olla pin-nase veerežiimi muutus.

Apnassaare soos esineb peamiselt harilik kerajas vorm, kuid keskosas on rohkesti ka piklikku vormi koos pirnja vormiga; vähe on kirsjat vormi. Leego Aslassaare juures suureneb marja vormide hulk. Soo kirdeosas on eriti rohkesti pirnjat vormi ja marjad on suured; lisandub ka pohlataoline vorm (väike, tugeva kestaga, tumeda värvusega). Tartu rajooni Kõivussaare soo lääneosas on levinud harilik ümmargune jõhvikas ja üksikud pirnjad vormid. Idaosas *Sphagnum magellanicum*'i padjandi laikudel esineb rohkesti piklikku vormi ja suureneb ka pirnja vormi esinemissagedus. Eriti märkimisväärne on soos kohati esinev kirsjas vorm, mis mõõtmelt ületab kõiki teisi vorme. Nii oli soost leitud 10 kirsja vormi keskmine läbimõõt 11. aug. 1953. a. 2,2 cm (marjad olid veel roosad, puudus mahl).

Sellesama soo idaosas korjatud kirsja vormi 10 marja kaal kõikus 18,1 ja 21,2 g vahel; keskmine 10 marja kaal (13 mõõtmisest) oli 18,4 g. Eriti väljakorjatud 10 suurema marja kaal oli 23,3 g.

Võrdluseks mainime, et Meerapalu raba marjadel kõigub 10 marja kaal 5—8 g vahel.

Teine meil esinev jõhvika liik — väikeseviljaline jõhvikas — esineb rabades koos hariliku jõhvikaga. Eriti rohkesti on teda rabade keskosas. Väljaspool kõrgraba olen teda leidnud ainult Ahi-järve soos. See on siirdesoo, millel esineb palju madalsoo iseloomuga osi. Siiski leidub siin selle liigi viljuvaid eksemplare. Peamiselt on selles soos levinud ikkagi harilik jõhvikas kõigi eespool käsitletud vormidega.

Räpina rajooni Meerapalu rabas leiduvad hariliku jõhvika vormidest peale keraja veel pohlataoline vorm ja hiline täpiline vorm; teised vormid puuduvad.

Perspektiivseteks vormideks on meil suur pirnjas vorm ja suur kirsjas vorm. Peipsiäärsetes soodes võib neid kohata peaaegu kõigis siirdesoodes ja rabades koos keraja vormiga. Kohati esineb pirnjas vorm analüüsiruudus täiesti puhtalt (Jõhvi rajoonis Kamarna soos oli 283 pirnja vormiga marja ühel m²-l). Kuna katsed on näidanud, et mainitud vormid väga hästi paljunevad seemnetega, siis võiks seda asjaolu kasutada paremate vormide levimise laiendamiseks siirdesoodes ja rabades, püüdes kõrvale tõrjuda väikeseviljalised vormid. Kõne alla võiks tulla ka piklik vorm, kuigi ta mainitud vormidest on väiksem, kuid ta on paremini kohanenud meie siirdesoodele ja esineb rohkemaarvuliselt kui eelmised vormid.

Tehes kokkuvõtet Eesti NSV-s analüüsitud soodest võib öelda,

et meie vabariik on parimaid rajoone NSV Liidus, kus jõhvikas on arenenud nii intensiivselt. Meie alal on enamasti kõigis jõhvikasoodes ha-saagid üle 1 tonni. Kirjanduse andmeil on taolisi saake saadud vaid Lääne-Siberis; teistel aladel, ka Leningradi oblastis, on ha-saagid 0,4—0,7 t. Need jõhvikate ha-saagid näitavad, kui võrd suured rikkused peituvad meie soodes. Neid on tarvis kasutada täielikult, sest meie rahvamajanduses on suur nõudmine jõhvikate järele.

KIRJANDUS

1. Беляев И. М. Клюква обыкновенная — *Oxycoccus palustris*. Записки Ленинградского плодовоощного института, вып. 3, 1938.
2. Gleisberg, W. *Vaccinium Oxycoccus* L. Ein weiterer Beitrag zur Typenfrage der Art. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, 40, 4, 1922.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КЛЮКВЫ НА БОЛОТАХ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЭСТОНСКОЙ ССР И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Л. Ламп

Руководитель А. Вага

Резюме

На болотах восточной части Эстонской ССР клюква произрастает обильно. Сбор ягод часто превышает одну тонну с гектара. Поэтому имеются все возможности использования клюквы для промышленной переработки. В Эстонской ССР встречаются как обыкновенная, так и мелкоплодная клюква. Особенно важны крупноплодные формы обыкновенной клюквы, в первую очередь грушевидная и вишневидная формы, нередко встречающиеся в большом количестве. Так, например, с 1 кв. м. было собрано 283 ягоды грушевидной формы. Средний вес 10 ягод вишневидной формы — 18,4 грамма.

EESTI NSV LÄÄNEOSA MADALSOOPÕLDUDE UMBROHTUDE LIIGILINE KOOSSEIS JA ESINEMISE SEADUSPÄRASUSED

V. Kuusk

Juhendaja A. Vaga

Käesoleva töö eesmärgiks on anda ülevaade umbrohtude liigilise koosseisu ja esinemise seaduspärasuste kohta Eesti NSV lääneosa madalsoopõldudel.

Vastav uurimuslik materjal on kogutud menetluspraktika vältel taimesüstemaatika ja geobotaanika kateedri juures ning ekspeditsioonil 1954. aastal Pärnu-Jaagupi, Vändra, Lihula, Orissaare ja Kingissepa rajoonis. Madalsoo-põldudel teostati umbrohtude uurimisi Pahila, Kareda, Haeska, Muhu-Lõetsa, Oidremaa-Tuhu, Avaste ja Kaisma soomassiividel.

On ka kasutatud mõningaid andmeid 1953. a. suve vastavatest uurimistest.

Uurimist teostati 4 m² suurustel ruutudel, kus märgiti kõik umbrohuliigid, nende ohtrus, katteväärtus ja rindelisuus.

Madalsoopõldude umbrohtude floristiline koosseis

Taimeliikide koguarvuna, mis umbrohustavad madalsoopõlde, märgiti 190, mis kuuluvad 38-sse sugukonda. Kultuurkõrrelisi ja liblikõielisi märgiti 9, samblaid 5 liiki.

123 liiki on sellised, mis soodel esinevad peamiselt või ainult soopõldudel. Neid võib pidada tüüpilisteks madalsoopõldude umbrohtudeks. Süstemaatilisel kuuluvad need liigid 23 sugukonda, kusjuures liigirikkamaiks osutuvad järgmised sugukonnad: korvõielised 25, kõrrelised 13, mailaselised 10, tatralised ja nelgilised 9 ning tulikalised 6 liigiga.

Teise rühma moodustavad liigid, mis esinevad nii looduslikul sool kui ka soopõldudel. Siia kuuluvad liigid langevad pikemaajalisel soo kultiveerimisel umbrohustajate hulgast välja. Selliseid liike märgiti 19.

Kolmanda rühma moodustavad madalsoopõlde juhuslikult umb-

rohusavad liigid, milliseid märgiti 48. Õige mullaharimise korral langevad ka need kiiresti umbrohistajate hulgast välja.

Umbrohtude liigiline koosseis Eesti NSV lääneosa madalsoopõldudel on rikkalikum kui Kesk-Eestis paiknevail Paide rajooni madalsoopõldudel, olles esindatud 167 liigiga 111 liigi vastu Paide rajooni madalsoopõldudel.

Võrreldes uuritud soolade põlde naabruses paiknevate mineraalmaapõldudega selgub, et umbrohtude liigiline koosseis soopõldudel on palju mitmekesisem ja umbrohistumise aste suurem kui mineraalpinnasel.

Madalsoopõldude umbrohtude liigiline mitmekesisus seletub nende paljude võimaluste olemasoluga, mille kaudu umbrohud võivad sattuda haritavale soole. Siia kuulub seemnete kandumine ümbritsevatelt põldudelt, niitudelt, soodelt; seemnete kandumine umbrohukolletest talude ümbruses teeäärte ja kraavide kaudu; külvamine mitteküllaldaselt puhastatud seemnega jne.

Huvitav on märkida, et ristõieliste sugukond, kuhu kuulub suur hulk aedade ja põldude umbrohtusid, on esindatud uuritud madalsoopõldudel ainult 5 liigiga, kusjuures needki esinevad külvides ainult üksikute eksemplaridena. Peaaegu seesama on kehtiv ka mineraalpinnase teise tüütu umbrohistaja — hariliku orasheina kohta.

Peamisteks umbrohtudeks Eesti NSV lääneosa madalsoopõldudel on järgmised liigid: valge hanimalts (*Chenopodium album* L.), kesalill (*Matricaria inodora* L.), yesihein [*Stellaria media* (L.) Cirillo], kahar kirburohi (*Polygonum lapathifolium* L.), põld-piimohakas (*Sonchus arvensis* L.), roomav tulikas (*Ranunculus repens* L.), hapuoblikas (*Rumex acetosa* L.), põdrakanep [*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.], roosa pajulill (*Epilobium roseum* Schreb.), hanijalg (*Potentilla anserina* L.), virn (*Galium aparine* L.), kõrvenõges (*Urtica dioica* L.), soo-tähthein (*Stellaria palustris* Retz.).

Umbrohuliikide esinemisohtruse ja -sageduse seaduspärasusi madalsoopõldudel

Põldude umbrohistumise astme headeks näitajateks osutuvad umbrohtude esinemissagedus ja -ohtrus.

Üldiselt on tihedama külviga kultuurid vähem umbrohistunud kui hõreda külviga. Põldudel, kus kultuurtaimed on kohati hävinenud külma või liigniiskuse tõttu, on umbrohistumine suur.

Kõrgeima umbrohistumise määraga on madalsoopõldudel suviviljade külvid. Avaste sool teostati tugevasti umbrohistunud suviteravilja põllul isendite loendamist 400 cm² suurustel ruutudel. Isendite loendamise tulemused neljalt ruudult on esitatud järgnevas tabelis. Loendamist teostati 17 juunil 1954. a., kusjuures loendati need isendid, mis olid üle 5 cm pikad.

**Umbrohuliikide isendite arv 400 cm² suurustel ruutudel
suviteravilja põllul Avastes**

Taime nimi	Isendite arv ruudul nr. 1	Isendite arv ruudul nr. 2	Isendite arv ruudul nr. 3	Isendite arv ruudul nr. 4
Oras	23	29	6	10
Valge hanimalts	110	22	76	5
Kahar kirburohi	29	—	4	—
Kesalill	2	64	—	2
Harilik malts	—	—	2	47
Vesihein	2	—	2	—
Harilik kadakkaer	—	2	—	—
Harilik linnurohi	1	1	—	—
Konnatatar	—	—	3	—
Harilik ristirohi	—	—	3	4
Kokku umbrohuisendeid	144	89	90	58

Toodud arvud näitavad, kuivõrd rikas umbrohuseemnetest on olnud muld.

Esinemissageduse määramise alusel võib öelda, et suviteravilja kultuurides on suure esinemissagedusega järgmised umbrohuliigid: vesihein, valge hanimalts, kesalill, roosa pajulill, harilik ristirohi, kahar kirburohi, harilik kadakkaer. Mõnikord võib suure esinemissageduse saavutada ka pilliroog. Nii näiteks oli Pahila soos osa pilliroorikast madalsooheinamaad võetud nisu alla (eelmisel aastal kasvatati samas kartuleid) Et heinamaal oli esinenud rohkesti pilliroogu, siis ei olnud see ümberkündmisega hävinud ja esines oht-ralt nisus.

Madalsoole rajatud rukki- ja kartulipõllud on enamasti nõrgalt umbrohistunud. Esimesel juhul on see suuresti tingitud rukki heast konkureerimisvõimest umbrohtudega, teisel juhul korduvast vahelt-harimisest.

Päevalillepõllul Pahila soos umbrohtude esinemisohtrust mää-rates oli huvitav märkida, et piki põllu keskosa, kus künnimättad moodustavad seljandiku, kasvas päevalill palju lopsakamalt kui mujal põllul ning umbrohtusid esines ainult üksikute isenditena. Kahel pool seljandikku olid päevalilletaimed 2—3 korda väiksemad, kusjuures umbrohistumine oli keskmine, kohati isegi tugev. Siit järeldub, et päevalille tuleb külvata tihedalt enamkuivendatud soo-põldudele.

Otse vastupidist pilti võis täheldada teraviljapõldudel, kus kün-nimätastest seljandik oli kõige rohkem umbrohtunud ja vili väiksem.

Põldheinapõldudel umbrohtude esinemisohtust ja -sagedust määrates ilmnes, et need sõltuvad suuresti põldheina vanusest, olles väikseimad 2—3-aastases põldheinas, mis on kohati täiesti umbrohupuhas. Vananevas põldheinas omandavad suurema esinemis-sageduse hanijalg ja roomav tulikas.

Umbrohustumise olenevus agrotehnilistest võtetest madalsoopõldudel

Umbrohud asuvad turbapinnasele reeglina kõige esimestest kultiveerimise aastatest. Sattudes soodsasse keskkonda võivad nad väga kiiresti katta kõik haritud alad.

a) Turbapinnase umbrohustumise sõltuvus kuivendusest.

On kindlaks tehtud, et turbapinnase umbrohustumine sõltub suurel määral soo kuivendamise astmest. Mitteküllaldaselt ja samuti ka ülekuivendatud soodel on ebasobivad tingimused kultuur-taimede kasvuks ja arenguks, mis omakorda põhjustab umbroh-tude suurt levikut, sest viimased on nimetatud tingimustele enam kohanenud. Moskva oblasti madalsoopõldude ja Novgorodi oblasti siirdesoopõldude kohta olevad andmed näitavad, et umbrohustu-mine suureneb kuivendamise intensiivsusega [1]. Sedasama võib öelda ka Eesti NSV lääneosa madalsoopõldude kohta.

b) Turbapinnase umbrohustumise sõltuvus harimise viisist.

Et umbrohuseemnete peamine mass paikneb pinnase pealmistes kihtides, siis tuleneb siit vajadus soo sügavaks künniks. Suurt tähe-lepanu omistatakse viimasel ajal soopõldude eriti sügavale künnile (35—40 cm), mille eesmärgiks on vabaneda täielikult umbrohustu-nud künnikihist. Selleks otstarbeks on konstrueeritud erilised soo-adrad.

Parimaid turbapinnase harimisviise on varajane sügiskünd. Ainult äestamine annab tunduvalt suurema külvide umbrohustu-mise. Kultuuride umbrohustumist vähendab soopõllu rullimine pärast külvi.

Tuleb märkida, et meil Eesti NSV-s kultiveeritavatel sooladel eksitakse kõige enam mullaharimise aegadest kinnipidamise vastu. Mullaharimise ühe väga tähtsa lüli — sügiskünniga — alustatakse meil tavaliselt mineraalmaapõldudel ja alles viimases järjekorras võetakse käsile sügiskünd soopõldudel. Väga sageli jääb see hoo-piski teostamata (takistavaks faktoriks osutub mõningail juhtudel ka sügisestest vihmadest pehmeks muutunud põllupind). On vaja-lik, et sügiskünni alustataks just soopõldudel. Turbapinnasel kasva-tatavate kultuuride suure umbrohustumise üheks põhjuseks on kindlasti ebaõige mullaharimine.

Ka on tähtis, et künnimätas korralikult ümber pöörataks, sest mittetäieliku ümberpööramise korral suureneb umbrohustumine tunduvalt. Sageli kasvab põldudel künnimätta mittetäieliku ümberpööramise kohtadel umbes 0,5 m kõrgust paju- ja kasevõsa.

c) *Turbapinnase umbrohustumise sõltuvus külviaegadest ja külvitihedusest.*

Soodsate tingimuste korral põllumajanduslike kultuuride seemned tärkavad kiiresti ja tänu oma kiirele kasvamisele varjavad kultuurtaimed üheaastaste umbrohtude tõusmeid, takistades niiviisi nende arengut. Nii näitaks kaer, mis ei karda kevadisi külmi, annab puhtamad külvid varase külvi korral. Örna nisu puhul aga saadakse puhtamad külvid hilisema külvi korral. Kui kultuur on kohati hävinud külma või liigniiskuse tõttu, haarab umbrohi kohe enda alla iga vabanenud põlluala.

Külvide umbrohustumisel turbapinnasel omab väga suurt tähtsust külvitihedus. Üldiselt osutub kasulikuks soopõldudel külve tihendada. Et soomuld on taimede kasvuks kõigiti soodne (nii kultuurtaimedele kui ka umbrohtudele) oma rikkalike lämmastikuvaryudega ja lisaks antud mineraalväetistega superfosfaadi ja kaalisoola näol, siis tiheda ja õigeaegse külvi korral lopsakalt kasvav kultuur, moodustades tiheda rinde, lämmatab umbrohu. Vastandlikel tingimustel kujuneb vastupidine olukord. Olgu veel kord rõhutatud, et pind, mis jääb vabaks kultuurtaimedest, haaratakse mitmesuguste umbrohtude poolt.

d) *Turbapinnase umbrohustumise sõltuvus väetamisest.*

Umbrohustumine on tihedalt seotud toitainete režiimiga turvasmullas. Mida viljakam on muld teiste tingimuste samadeks jäädes, seda võimsamalt arenevad umbrohud. Eriti tugevat mõju avaldavad umbrohtude arengule lämmastikväetised. Seepärast tuleb lämmastikväetiste kasutamisel turbapinnasel olla väga ettevaatlik. Et turbamuld ise on rikas lämmastikuvaryude poolest, siis ei ole vajadust lämmastikku juurde anda. Küll aga kasutatakse kultiveeritavatel sooladel mõningail juhtudel väikestes hulkades laudasõnnikut mulla bakteritega nakatamise eesmärgil. Sõnniku kasutamisel umbrohustumine suureneb, eriti veel kui sõnnik sisaldab rikkalikult umbrohuseemneid.

Mineraalväetistest kasutatakse turvasmullal superfosfaati ja kaalisoola.

e) *Turbapinnase umbrohustumise sõltuvus kultuuridest.*

Umbrohustumine sõltub suuresti ka kultuuride endi iseärasustest ja umbrohtudega konkureerimise võimest. Ühed neist on võimelised umbrohtusid alla suruma, nagu niidutaimed, vikikaera segatis, rukis; teised ei oma sellist võimet üldse ja ainult soodustavad umbrohtude arengut, nagu suviteraviljad.

Üldiselt on rukkikülvid soopõldudel vähe umbrohustunud. Nii näiteks Oidremaa sovhoosi territooriumil asuval rukkipõllul teostatud 4 m² suurustel analüüsiiruutudel ei märgitud ühelgi juhul ühegi umbrohuliigi esinemisohtsena üle ühe. Veelgi enam, mitmel juhul võrdus analüüsiiruutudes umbrohuliikide arv isendite arvuga. Märgiti isegi niisuguseid analüüsiiruute, kus ei esinenud ühtegi umbrohutaime. Kõne all oleval rukkipõllul oli rukki tihedus küll ainult keskmine, kuid kõrgus seevastu 1,5 m, varjutades kõiki umbrohtusid. Huvitav on märkida, et samas sovhoosis 1953. aasta juunis haljassöödaks ära niidetud rukis andis soopõllul sügiseks uue pea ja rahuldava saagi. Ainult kõrte arv pinnaühikul oli esialgsest veidi väiksem.

Rukkikülvid olid suhteliselt vähe umbrohustunud ka Pahila soopõldudel. Seevastu rukkipõllu naabruses asuv nisupõld pakkus hoopis vastandlikku pilti. Siin olid ülemvõimu endale haaranud umbrohud, ja üldilmelt kujutas põld endast pigemini umbrohuvälja kui nisupõldu.

f) Turbapinnase umbrohustumise sõltuvus eelviljadest.

Suurt tähtsust kultuuride umbrohustumisel turbapinnasel omab kultuuride vaheldumine ja teraviljakultuuride viljelemise kestus. Kasvatades mitu aastat järjest ühel ja samal põllul teraviljakultuure, umbrohustuvad need niivõrd, et nende viljelemine muutub kahjulikuks. Teraviljakultuuride umbrohustumine tõuseb järsku kolmandal viljelemise aastal, millest tuleneb järeldus, et turbapinnasel ei või külvata teraviljakultuure rohkem kui kaks aastat järjest.

Heaks umbrohtude tõrjevõtteks on osutunud niidutaimede kasvatamine, mis umbes kahe aasta jooksul hävitavad väga suure hulga umbrohtusid. Esimesel kasutamisaastal on põldheina külvid veel küllaltki umbrohurikkad. Nii näiteks Oidremaa sovhoosis 1953. a. sügisel rukkikörde külvatud põldheinapõllu üldilmes domineeris tumeroheliste laikudena kesaliil.

Võrdluseks olgu siinkohal toodud samas asuv 1952. a. kevadel külvatud põldheinapõld, mis oli peaaegu umbrohupuhas. Umbrohte esines üksikute eksemplaridena enam põllu ääreosades. Põldhein moodustas 60—80 cm kõrguse, ühtlaselt tiheda rinde.

Palju aastaid samal kohal põldheina kasvatades muutub see jällegi hõredaks ja umbrohustumine tõuseb. Nii oli Pahila soos asuval vanal põldheinapõllul ristik peaaegu täielikult kadunud ja timutit esines veel kohati. Põldheina asemele oli ohtralt sisse tulnud luha-kastevart ja tarnasid, angervaksa, hanijalga ja roomavat tulikat.

Millist mõju avaldab põldhein järgnevalt kasvatatavale kultuurile, selleks tuleb meelde eespool kirjeldatud umbrohupuhas rukkivälja Oidremaa sovhoosi territooriumil, mis oli külvatud ülesküntud põldheinapõllule.

g) Turbapinnase umbrohustumise olenevus kultiveerimise kestusest.

Soo kasutamiseiga umbrohtude liigiline koosseis suureneb, suureneb ka mitmeaastaste umbrohtude osa. Nii näiteks Oidremaa soovoosi umbes 3-hektarilisel soo-kartulipõllul, mis oli alles teist aastat kultuuride all (esimene kultuur — rukis) ja oli vähelagunenud turbaga, märgiti 13 umbrohuliiki üksikute isenditena. Seevastu aga Pahila soos nisupõllul, mis juba aastaid oli kultuuris olnud (eelmisel aastal kasvatati samas naereid), märgiti 62 umbrohuliiki, kusjuures põld oli tugevasti umbrohustunud.

h) Turbapinnase umbrohustumise olenevus ebakorrapärasest kultiveerimisest.

Kord ülesküntud soopõld vajab pidevat harimist. Kui seda ei tehta, siis taastub sellel mõne aastaga loodusliku soo taimkate. Sellekohased vaatlused Avaste soomassiivil näitavad, et 1950. aastal ülesküntud ja kultuuride all kasutamist mitteleidnud soopõld peaaegu mittemilleski ei erinenud looduslikust soost. Põllul kasvas 50—80 cm kõrgusi pajusid, kaski, mände ja leppi ning oli kaetud tüüpiliste sootaimedega, nagu roostepruun sepsikas, alpi- ja murujäneslill, pilliroog, ahtaleheline villpea, sinihelmikas, lubikas, hirss-tarn, kollane tarn, porss jt.

Kui soopõld jäetakse sööti mõned aastad pärast kultuuride kasvatamist, siis looduslik taimkate niipea ei taastu, kuid seevastu kattub põld äärmiselt tihedalt ja liigirikkalt umbrohtudega. Näitena olgu siinkohal toodud teist aastat sööti jäetud madalsoopõld Koigisoolt Orissaare rajoonis. Umbes neljandik-hektarilisel söödil märgiti 70 taimeliiki, mis katsid mullapinna täielikult. Seejuures sügisese seanupu ja roosa pajulille 3—4 cm pikkused isendid moodustasid mullapinda peaaegu täielikult katva kõige alumise rinde, mis näitab, kuivõrd tugevasti muld on umbrohustunud. On selge, et niisuguse põllu võtmisel mingi teraviljakultuuri alla lämmatab umbrohi kultuuri täielikult.

Järeldused

1. Eesti NSV lääneosa madalsoopõldudel umbrohtudena esinevaid taimeliike märgiti 190, mis kuuluvad 38-sse sugukonda. Neist 123 liiki võib pidada madalsoopõldude tüüpilisteks umbrohtudeks, kuna ülejäänute esinemine on seoses kas soopõldude ebakorrapärase kultiveerimisega või soopõldude suhtelise noorusega, mistõttu looduslikult soolt püsijäänud liigid pole veel täielikult välja langenud.

2. Madalsoopõldude umbrohtude päritolu seisukohalt kuulub enamik liike niitude ja puisniitude kooslustesse, kuid peamised umbrohustajad, mis võivad isegi lämmatada külve, on pärit mineraalmaapõldudelt, põllupeenardelt ja elamute ümbrusest.

3. Madalsoopõldude umbrohistumise aste, võrreldes mineraalmaapõldudega, on tunduvalt suurem.

4. Turbapinnase umbrohistumine tõuseb kuivenduse intensiivsusega.

5. Mullaharimise võtetest omab otsustavat tähtsust madalsoopõldudel varajane sügiskünd eelkoorijaga varustatud adraga. Selle mitteteostamisel külvide umbrohistumine tõuseb suuresti.

6. Suurema külvitiheduse korral on umbrohistumine väiksem.

7 Turvasmuldadel ei tohi kasutada lämmastikväetisi, eriti laudasõnnikut.

8. Enam umbrohistunud kultuurideks osutuvad madalsoopõldudel suviteraviljade külvid. Suhteliselt vähe on umbrohistunud rukkikülvid.

9. Teraviljakultuure ei ole soovitatav kasvatada samal madalsoopõllul järjest üle kahe aasta. Heaks umbrohtude tõrje võtteks on osutunud niidutaime kasvatamine, mis umbes kahe aasta jooksul hävitavad umbrohistumise.

10. Kultuuristatud soolad vajavad pidevat harimist. Vastasel korral suureneb umbrohistumine ja taastub looduslik sootaimkate.

11. Peamised umbrohistajad Eesti NSV lääneosa madalsoopõldudel on valge hanimalts, kesalill, vesihein, kahar kirburohi, roomav tulikas, põld-piimohakas, roosa pajulill, hanijalg, põdrakanep, kõrvenõges, virn ja soo-tähthein.

KIRJANDUS

1. Белякова В. И. Сорняки на болотах переходного типа. Материалы опытно-исследовательских работ опытных пунктов СНИИГМ. Новгородский опорный пункт. 1937.
2. Котт С. А. Карантинные сорные растения и борьба с ними. Москва, 1953.
3. Рычин Ю. В. Сорные растения (определитель). Москва, 1952.

СОРНЯКИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА ПОЛЯХ НИЗИННЫХ БОЛОТ ЗАПАДНОЙ ЭСТОНИИ

В. Кууск

Руководитель А. Вага

Резюме

На полях, освоенных путём осушения низинных болот Западной Эстонии, зарегистрировано 190 видов сорняков, которые принадлежат к 38 семействам. Из них 123 являются типичными и широко распространёнными видами.

Отмеченные сорняки в большинстве происходят из растительных сообществ лугов и лесолугов, но виды, встречающиеся более обильно, являются также засорителями минеральных почв.

Степень засоренности болотных почв более высока, чем засоренность минеральных почв. Засоренность болотных почв повышается в связи с повышением интенсивности осушения. В борьбе с сорняками на болотных почвах большое значение имеет ранне-осенняя вспашка земель. При большей густоте культур засоренность меньше. На болотных почвах засоренность увеличивается вследствие внесения богатых азотом органических удобрений.

Наиболее засоренными культурами являются обыкновенно летние зерновые культуры. Относительно меньше засорены культуры ржи. Засоренность зерновых культур резко повышается при их выращивании на одном поле более 2 лет подряд. Лучшим средством борьбы с сорняками является сев многолетних луговых трав (луговой севооборот).

Самыми главными сорняками болотных полей являются: марь белая, ромашка непахучая, мокрица, лютик ползучий, осот полевой, кипрейник розовый, лапчатка гусиная, кипрей узколистный, крапива двудомная, подмаренник цепкий, звездчатка болотная.

TOMATI VILJADE VALMIMISE KIIRENDAMISEST HAPNIKUGA

L. Alton

Taimefüsioloogia ring. Juhendaja A. Perk

Kaubandusvõrgu varustamisel värske aedviljaga omab suurt tähtsust viljade valmimise kunstlik kiirendamine.

Selle rakendamine tomatite juures võimaldab alustada küpsete viljade turustamist kuni kaks nädalat varem ja tagab nende kõrge kvaliteedi. Eriti vajalik on tomatite valmimise kiirendamine Nõukogude Liidu kesk- ja põhjaosas, kus ebasobiv kliima takistab viljade küpsemist.

Suurt tähtsust viljade järelvalmimise kunstlikul kiirendamisel omab nõukogude teadlase S. V. Soldatenkovi [2] poolt välja töötatud hapniku kõrgendatud kontsentratsioonide kasutamise meetod.

Käesoleva töö eesmärgiks oli selgitada sobivaimad tingimused tomatite järelvalmimise kiirendamisel hapnikuga Eesti NSV-s.

Katsetes kasutati Eestis ulatuslikult levinud tomatisorti «Kõigist parim» ja võrdlevalt «Gribovi avamaa». Katsed viidi läbi 1954. — 1955. aasta suvel TRÜ taimefüsioloogia kateedri laboratooriumis ja ETKVL Tartu Linna Aiandis.

Meetodi olemus seisneb selles, et vilju hoitakse teatava aja jooksul suurendatud hapniku kontsentratsiooniga keskkonnas. Täiendav järelvalmimine toimub normaalsetes atmosfääri tingimustes. Stimulatsioon kiirendab looduslikes tingimustes viljade valmimisel toimuvaid protsesse.

Meetodi kasutamisel tootmistingimustes võib mõjustusruume ehitada savist, betoonist, puust ja väiksemas mastaabis ka klaasist või vineerist. Võib kasutada ka olemasolevaid ruume, muutes nad gaasikindlaks. Viljad võib asetada kas spetsiaalselt selleks ehitatud riiulitele 1—2 kihina või viia kastidega mõjustusruumi. 50 kg mõjustamiseks piisab kambri suuruselt 1 m³ (vt. foto)

Kambrite soojendamist võib teostada veega, veeauruga, ahjuküttega või elektriga. Soovitav on ühendada mõjustusruum hapnikupadjaga või -ballooniga, et vältida hapnikusisalduvuse langust mõjustuse kestel.

Laboratoorselt rajatud katsetes kasutati mõjustusanumatena

hapnikureservuaariga ühendatud vaakuumeksikaatoreid. Katsetes jälgiti tomatite järelvalmimise kiirust erinevate temperatuuride ja hapniku kontsentratsioonide puhul. Uuriti valmimise kiirendamise võimalusi hapniku ja etüleeniga seguga, rajati katseid sobivaima mõjustusaja leidmiseks ja selgitati stimulatsiooni mõju viljade kvaliteedile.

Püüti leida ka viljade sobivaimat mõjustuseelset seisundit. Selle määramiseks rajati katsed erinevates valmimisstaadiumides olevate viljadega. Jälgiti ka külmakahjustuste ja mehhaaniliste



Mõjustamiskamber viljade valmimise kiirendamiseks hapnikuga; koormus 50 kg; ehitusmaterjaliks vineer.

vigastuste mõju valmimisele. Katsed näitasid, et mõjustamine hapnikuga annab paremaid tagajärgi täiskasvuliste, helerohelise värvitooniga tomatite puhul. Kasvuaeg kogutud tomatite valmimisele hapnik kiirendavat mõju ei avaldanud. Et hapnik tungib viljadesse peamiselt vilja kinnitumiskohalt ja tipmisest otsast, on väga oluline eemaldada viljaraag ja õiekatte rudimendid. Katsevariandis, kus osal tomatitest viljaraagu ei kõrvaldatud, takistus hapniku sissepääs viljadesse sellisel määral, et mõjustus efekti ei andnud.

Stimuleeritavad viljad peavad olema mehhaaniliste ja haiguslike rikevabed. Vigastatud objektide riknemine mõjustusruumis jätkub. Lisaks sellele nakatavad sellised viljad ka teisi ja põhjustavad valmimisel tekkivate kadude suurenemist. Tomatite kogumist tuleb teostada ettevaatlikult ja võimaluse piires vältida nende mitmekordset ümberladumist. Soovitav on viia viljad mõjustusruumi otse kogumiskorvidega. Eeltoodud tingimuste täitmine ei nõua lisatöö-

kulu ja vähendab valmimisel riknevate viljade hulga miinimumini. Optimaalse mõjustusaja selgitamiseks rajati katsed, kus katkestati stimulatsioon ühel variandil hingamise intensiivsuse maksimumi saabumisel (viljad olid veel rohelised) ja teisel variandil seoses oranžvarjundi ilmumisega. Kolmanda variandi tomateid hoiti hapnikus, kuni nad saavutasid täisküpsuse.

Viljade valmimine osutus kiireimaks selles variandis, kus mõjustus katkestati, kui objektid olid muutunud oranžiks.

Sobivaima hapnikuhulga määramiseks mõjustusruumis rajati katsed kontsentratsioonidega: 30, 40, 60, 80, 85 ja 100%. Katsetel jälgiti viljade valmimise kiirust ja selle seost hingamise intensiivsusega. Parimaid resultate saadi selles katsevariandis, kus kasutati hapnikukontsentratsiooni 80% (mõjustuse kestus 71 tundi). Viljade valmimine toimus 7—8 päeva jooksul pärast katse rajamist. Kontrollviljadel kulus valmimiseks 13—16 päeva. Teiste kontsentratsioonide puhul osutus valmimise kiirus väiksemaks. 30- ja 40%-lises variandis on see seletatav liiga väikese erinevusega võrreldes õhu hapnikusaldusega, 100% puhul ümberpöörduvalt — stimulaatori liialt kõrge kontsentratsiooniga, mis muutub valmimist pidurdavaks. Vaatlused hingamise intensiivsuse muutuste kohta erinevate hapnikukontsentratsioonide kasutamisel on toodud tabelis 1. Katseruumi temperatuur oli 18—20° C.

Vaatluse andmed näitavad, et hingamise intensiivsus hapnikukontsentratsioonide puhul kuni 80% suurenes ja hakkas siis langema. Analoogiline nähtus esines ka viljade valmimise kiiruses. Ilmneb tihe seos nende kahe protsessi vahel. See annab võimaluse selgitada sobivaimad mõjustamistingimused ka nendele viljadele, mille füsioloogilise seisundi üle väliselt on raske otsustada (õunad, karusmarjad jt.)

Üldise seaduspärasusena võis tähele panna, et hingamise intensiivsus mõjustuse algperioodil suureneb, kuni saavutab maksimumi taseme, ja hakkab siis järsult langema.

Praktikas kasutatakse valmimise kiirendamisel väga tihti temperatuuri tõstmist 25—35°-ni. Selline võte alandab tunduvalt viljade toiteväärtust.

Temperatuuri mõju selgitamiseks rajati katsed erinevates temperatuurides 18—30° piires. Kasutati tagajärjekaimaks osutunud hapnikukontsentratsiooni, s. o. 80%. Valmimisprotsess osutus kiireimaks temperatuuridel 26—27° ja 28° Viljad valmisid 4—6 päeva jooksul pärast katse rajamist. Valmimine 18—20° puhul kestis 7—8 päeva, 20—25° ja 30° puhul 5—7 päeva. Kontrollvariantides, kus mõjustati ainult temperatuuriga, kestis viljade valmimine 18—20° puhul 10—20 päeva, 26—27° puhul 10—13 päeva ja üle 30° temperatuuris 12—14 päeva. Viljad, mis asetsesid 30°-lises ja kõrgemas temperatuuris, läksid kollaseks ja omandasid närbunud välimuse. Viimati toodud katse rajati kahes variandis. Osa vilju asetati pärast seda, kui nad olid omandanud kollakas-oranži värvitooni, toatemperatuuri. Teine osa jäeti edasi termostaati.

Tabel I

O ₂ — 30%		O ₂ — 40%		O ₂ — 60%		O ₂ — 80%		O ₂ — 85%	
Mõjustuse kestus tundides	Hingamise intensiivsus O ₂ cm ³ l g toorkaalu kohta tunnis	Mõjustuse kestus tundides	Hingamise intensiivsus O ₂ cm ³ l g toorkaalu kohta tunnis	Mõjustuse kestus tundides	Hingamise intensiivsus O ₂ cm ³ l g toorkaalu kohta tunnis	Mõjustuse kestus tundides	Hingamise intensiivsus O ₂ cm ³ l g toorkaalu kohta tunnis	Mõjustuse kestus tundides	Hingamise intensiivsus O ₂ cm ³ l g toorkaalu kohta tunnis
11	0,0170	11	0,0183	18	0,0190	14	0,0361	11	0,0101
17	0,0190	21	0,0083	42	0,0215	20,5	0,0365	18	0,0201
19	0,0250	44	0,0122	62	0,0280	38	0,0370	40	0,0245
39	0,0194	66	0,0291	68	0,0320	62	0,0391	68	0,0320
65	0,0138	71	0,0146	88	0,0210	71	0,0232	95	0,0202

Varem toatemperatuuri asetatud viljadel taastus normaalne värvus, kuid kvaliteet ei paranenud. Kõrge temperatuuri mõjustusse jäetud viljadest enamik ei valminud ja 3 päeva hiljem asetati ka need toatemperatuuri. Nendel vähestel tomatitel, mis lõpuks siiski valmisid, kulus selleks 18—19 päeva (varem väljavõetutel 13 päeva).

Katsed näitasid kõrge temperatuuri negatiivset mõju valmimisprotsessidele. Samasugune nähtus esineb ka temperatuuri lange-misel alla teatud piiri. Näiteks kui asetada viljad temperatuuri 0 kuni +10°, valmimine aeglustub.

Hapniku maksimaalne kasutamine hingamisprotsessis sõltuvalt temperatuurist oli cm³-tes ühe grammi toorkaalu kohta:

Hapniku hulk	0,0476	0,0740	0,0765	0,0882
Katse t°	18—20	20—25	26—27	28

Nagu katsetest selgub, intensiivistub viljade hingamisprotsess seda enam, mida kiiremini toimub valmimine.

Tomatite vastuvõtlikkust hapnikule on võimalik suurendada etüleenini kasutamise abil [1]. Rajati kaks katset etüleenini ja hapniku seguga. Esimeses katses anti tomatitele algul etüleenimõjustus (kontsentratsioon 1:1000) 48 tundi, hiljem asetati viljad hapnikusse (kontsentratsioon 80%). Osa tomateid asetati järelvalmima kohe pärast stimuleerimist etüleeniga. Teises katses anti hapniku- ja etüleenimõjustus koos. Viljad valmisid esimeses katses 4—5 päeva jooksul pärast katse rajamist. Teise katsega õnnestus kiirendada valmimist 3—5 päevani. Ainult etüleenimõjustuse saanud viljadel kulus valmimiseks 8—15 päeva. Hingamise maksimaalne tase esimeses katses saabus 38—40-tunnise mõjustuse järel. Üleviimisel hapnikusse uut tõusu ei esinenud, kuid viljad muutusid oranžiks juba 53—60 tunni jooksul. Ainult hapnikuga rajatud kat-

setes kõikus hingamise kõrgpunkti saabumine 72 ja 120 tunni vahel.

Tähelepanu äratav see, et etüleeni ja hapniku segudega rajatud katsetes oli katseviljade hingamise intensiivsus tunduvalt kõrgem kui ainult hapniku kasutamise puhul. Hingamise suurim intensiivsus ainult hapniku kasutamisel oli $0,0740 \text{ cm}^3 \text{ l g toorkaalu kohta tunnis}$ 54-tunnise mõjustuse järel, etüleeni kaastoimel aga $0,3732 \text{ cm}^3 \text{ 31,5 tundi pärast katse rajamist}$. Nagu katsed näitasid, võib etüleeni ja hapniku kaasmõju rakendamisel saavutada tunduvalt suuremat efekti kui nende kasutamisel eraldi.

Viljade kvaliteedi määramisel piirduti suhkrute summaarse hulga ja l-askorbiinhappe sisalduse määramisega. Andmed olulise-
matest analüüsides on toodud tabelis 2.

Tabel 2

Katse tingimused		Suhkrute sisalduse %		l-askorbiinhape mg%	
Hapniku kontsentratsioon %	Temperatuur	Katse	Kontroll	Katse	Kontroll
80	18—20°	2,85	2,47—2,50	24,40	16,77
80	20—25°	2,91	—	24,50	—
80	26—27°	2,80	2,20	21,55	13,52
80	28°	2,05	—	13,00	—
Viljad valminud temperatuuril üle 30°		—	0,97	—	9,81
Pöösäl valminud viljad		—	2,97	—	25,25

Viljade kvaliteet osutus parimaks hapnikukontsentratsiooni puhul 80% 20—25°-lises temperatuuris. Vahe suhkrute sisalduses kõige parema katsevariandi ja pöösäl valminud viljade vahel oli kõigest 0,06%. l-askorbiinhappe osas osutus vahe suuremaks — 0,75 mg%.

Võib järeldada, et viljade toiteväärtus hapniku stimulatsiooni kasutamisel läheneb looduslikult küpsenud viljade omale, kuid ei ühti sellega. Temperatuuri tõusuga viljade kvaliteet halveneb.

Teiste objektidega rajatud katsetest äratasid tähelepanu katsed karusmarjadega. Toored marjad küpsesid 4—5 päeva jooksul. Mee-
todi rakendamine karusmarjade puhul võimaldaks tunduvalt lühendada ajavahemikku tooreste ja küpsete marjade turustamise vahel.

Teostatud katsete ja vaatluste põhjal võib soovitada Eesti NSV tingimustes sobivaimate mõjustustingimustena hapnikukontsentratsiooni 80% 26—27°-lises temperatuuris. Kuigi kvaliteedi osas paremaid tagajärgi andis temperatuur 20—25°, on vahe toiteväärtuse languses nii väike, et arvestades valmimise suuremat kiirust 26—27° puhul, on otstarbekohasem rakendada viimast varianti.

Eeltoodud meetodi rakendamine meie tingimustes võimaldaks turustada küpseid tomateid 1—2 nädalat varem, kui seda lubab järelvalmimise kiirendamine temperatuuri tõstmisega. Lisaks sellele on viljade kvaliteet kõrgeväärtuslikum. Veel suuremat tähtsust omab hapniku kasutamine hiliste saakide puhul, mis meie kliima oludes ei suuda valmida.

KIRJANDUS

1. Ракитин Ю. В. Ускорение созревания плодов. Изд. АН СССР, 1955.
2. Солдатенков С. В. Роль кислорода в созревании плодов. Изд. Лен. гос. ун-та, 1941.

УСКОРЕНИЕ СОЗРЕВАНИЯ ПЛОДОВ ТОМАТОВ ПРИ ПОМОЩИ КИСЛОРОДА

Л. Алтон

Кружок физиологии растений. Руководитель А. Перк

Резюме

Автором проводились исследования в целях выяснения наиболее оптимального режима для ускорения созревания плодов томатов при помощи повышенных концентраций кислорода (по методу проф. С. В. Солдатенкова) применительно к условиям Эстонской ССР. Опыты проводились с двумя сортами: Лучший из всех и Грибовский грунтовый.

Наилучшие результаты в отношении ускорения созревания были получены при выдерживании плодов, снятых с растений в фазе светлозеленой окраски, в атмосфере с концентрацией кислорода 80% и при температуре 26—27° С. Плоды при закладке в камеру с кислородом должны быть без повреждений и с удаленными плодоножками. При соблюдении всех указанных условий плоды достигают полной зрелости через 4—6 дней, тогда как без применения кислорода при прочих равных условиях — через 10—13 дней.

Особого внимания заслуживает применение этилена (в концентрации 1: 1000) совместно с повышенной концентрацией кислорода (80%); при такой смеси газов в атмосфере плоды достигают полной зрелости через 3—5 дней.

Применение кислорода для ускорения созревания не приводит к снижению качества плодов. Содержание сахара и аскорбиновой кислоты в них было несколько ниже, чем в плодах, созревших на растениях, и значительно выше, чем в плодах, дозревание которых проводилось без повышения концентрации кислорода в атмосфере.

Автором приводится также описание устройства простейших установок, необходимых при применении метода повышенных концентраций кислорода для ускорения созревания плодов томатов в производственных условиях.

DENITRIFIKATSIOONIST KUIVENDATUD TURVASMULLAS

V. Tohver

Taimefüsioloogia ring. Juhendaja A. Perk

NLKP XX kongressi direktiivides NSV Liidu rahvamajanduse arendamise kuuenda viie aasta plaani kohta on ette nähtud aastail 1956—1960 võtta Eesti NSV-s täiendavale kasutamisele kuivendussüsteemide ehitamise arvel 38 000 hektarit ja kuivendussüsteemide ümberehitamise arvel 194 000 hektarit maid.

Kuivendamisele ja põllumajanduslikule kasutamisele võtmisele kuuluvate maade hulgas on esikoht Eesti NSV-s arvukalt esinevatel madalsoodel. Kuuenda viie aasta plaani täitmiseks selles osas on peale muu tarvis omada selgust küsimuses, milline kuivendussüsteem loob parimad eeldused soomaa edaspidiseks efektiivseks kasutamiseks. Selle probleemi lahendamiseks on Eesti NSV-s teostatud uurimisi, mis lähtuvad turvasmulla füüsikalistest ja keemilistest omadustest ja taimekasvu näitajatest kui kriteeriumist [1], kuid üksnes nende tunnuste alusel ei saa probleemi ammendavalt lahendada. On teada, et mulla viljakuse otsustab lõppude lõpuks elu temas, eeskätt mikroorganismide elutegevus [3, 4, 7, 8]. Melioratsiooni ja maaharimise käigus loodavad soomulla füüsikalise-keemilised omadused evivad otsese mõju kõrval taimekasvule tunduvat kaudset toimet mikroorganismide vahendusel [7, 10]. Sellepärast peab mulla mõjustamisel inimese poolt silmas pidama soodsate elutingimuste loomist kasulikule mikrofloorale ja soomuldade kuivenduse normi probleemi lahendamisel tuleb arvestada ka mikrobioloogilist kriteeriumi.

Turvasmulla kuivenduse norm omab otsustavat tähtsust terve rea turvasmulla omaduste kujunemisel, eeskätt taimekasvuks sobiva mullaniiskuse ja kõrge aeratsiooniastme loomisel [1]. Sellepärast on mõisteta vajadus selgitada selle faktori mõju ka mikrobioloogiliste protsesside käigule. Ühes varasemas artiklis [2] käsitlesime lühidalt ammonifitseerijate, nitrifitseerijate ja õhulämmastiku seondajate arvukust, koosseisu ja elutegevust kuivendatud turvasmullas erinevate kuivenduse normide puhul. Käesolevas lühikeses ülevaates esitame mõned resultaadid töödest, mis käsitlevad denitrifitseerijate tegevuse sõltuvust samast miljööfaktorist, s. t. põhjavee

seisust ja aeratsioonist turvasmullas. Ülesandeks on selgitada, kuidas kuivendusnormi abil on võimalik juhtida denitrifitseerijate elutegevuse intensiivsust ja iseloomu turvasmullas.

Nagu varem, nii oli ka käesoleva töö baasiks ENSV TA Maa- paranduse ja Sookultuuri Instituudi veeolude reguleerimise I katse- väljak Tooma madalsoos. Vajalikud andmed katseväljaku korral- duse ja uuritavate muldade omaduste kohta leiduvad meie eespool nimetatud artiklis [2], mistõttu me siinkohal neid ei korda. Vaja on ainult rõhutada, et baasiks olnud katseväljak oli meie ülesande täitmiseks täiesti sobiv, sest kogu katseväljakul rakendatakse täiesti ühtlast agrotehnikat ja väetussüsteemi, varieeruv on ainult meid huvitav faktor — kuivendusnorm. (Ka katseala turvas on päritolult võrdlemisi ühtlane.)

Denitrifikatsiooni jälgimisel valisime analüüsitavateks katse- lappideks, nii nagu varasemateski töodes, kaks intensiivse kuiven- dusega katselappi (nr. 2 — kuivendusnorm 90 cm, nr. 9 — kuiven- dusnorm 75 cm) ja kaks ekstensiivse kuivendusega katselappi (nr. 15 — kuivendusnorm 53 cm, nr. 18 — kuivendusnorm 33 cm). Proovid võeti 0—10 cm (A) ja 20—30 cm (B) horisondist.

Tööde eksperimentaalne osa viidi läbi põhiliselt 1955. a. suvel.

Eksperimentaalne osa

Vaatamata sellele, et denitrifitseerijate arvukuse põhjal mingis mullas ei saa veel teha järeldusi protsessi toimumise üle, omab nende populatsiooni määramine ajalisel dünaamikas siiski esma- järgulist tähtsust. Esiteks osutab denitrifitseerijate populatsiooni suurus nitraatide taandamise potentsiaalse võimalikkuse astet [6], mis võib teostuda vastavate tingimuste tekkel, teiseks peab arves- tama, et denitrifitseerijate mitmesugustest funktsioonidest teatav osa, näiteks ammonifikatsioon ja huumusainete lagundamine, võib teostuda tingimustes, milles nitraatide taandamine ei oma märga- tavat kohta.

Denitrifitseerijate populatsiooni analüüsid teostasime modifitseeritud Hiltay söötmel (aq. dest. — 1000 ml, Na-tsitraat — 2,0g, KNO_3 — 1,0g, K_2HPO_4 — 1,0g, KH_2PO_4 — 1,0g, MgSO_4 — 2,0g, CaCl_2 — 0,2g, FeCl_3 — jäljed, broomtümoolsinist — õrna rohelise värvuseni) lahjenduste meetodil: iga mullaproovi puhul nakatati 3 paari katseklaase (igas klaasis söödet 10 ml), iga paar ühega kolmest järjestikusest lahjendusest (1 ml).

Incubatsioon toimus 28°C juures 3 päeva. Bakterite arv 1 g-s absoluutselt kuivas mullas määrati mullaniiskust arvesse võttes yastava empiirilise tabeli järgi iga mullaproovi arenemisnäitajate alusel.

Tabeli 1 andmetest nähtub oluline erinevus denitrifitseerijate populatsioonis erineva kuivendusega katsealadel. Intensiivse kui- vendusega katselappidel on denitrifitseerimiseks võimeliste bakte-

rite arv 1 g mulla kuivaine kohta tunduvalt suurem kui ekstensiivse kuivendusega aladel, seda eriti tiitri maksimumperioodil. Silma torkab eeskätt väikseima kuivendusnormiga lapi populatsiooni järsk mahajäämine teistest.

Võib-olla veel karaktersem kui eespool toodud asjaolu on erinevate lappide asustuse dünaamika: ekstensiivse kuivendusala maksimum langeb tunduvalt varasemale ajale, järgnev langus läheb märgatavalt madalamale, kestab pikemat aega ja lõpuks asub teine maksimum nii absoluutselt kui ka suhteliselt hoopis madalamal tasapinnal kui intensiivse kuivendusega lappidel. Ekstensiivsel kuivenduslal läheneb denitrifitseerijate dünaamika tüüpilisele anaeroobsele dünaamikale.

Tähelepanдав on denitrifitseerijate tiitri järsk langus väiksema kuivendusnormi suunas peamiselt 73—53-cm-se kuivendusnormi vahemikus. Nähtavasti toimub selles vahemikus elutingimuste nii oluline muutumine, et nende kompleks saab kvalitatiivselt uue ilme. Viimane ei või jääda peegeldumata denitrifitseerijate levikus.

Künnikihi A-horisont omab üldiselt arvukamat denitrifitseerijate populatsiooni kui B-horisont. Et see asjaolu tuleb kirjutada mulla aeratsioonitaseme arvele, selgub faktist, et eriti märgatav on nimetatud erinevus ekstensiivse kuivenduse puhul (katselapid 15 ja 18), kus A- ja B-horisondi aeratsioonitase on teravalt erinev.

Kokkuvõttes näeme, et intensiivse kuivendusega katselapid moodustavad denitrifitseerijate paljunemisprotsessiks ja kasvuks tunduvalt soodsama keskkonna kui ekstensiivse kuivendusega mullad.

Oluline on veel näidata, et meie andmetes peegeldub asjaolu, mis on esile toodud ka kirjanduses: viljakamatel muldadel esineb seaduspäraselt ka kõrgem denitrifitseerijate tiiter [3,7]. Selle seaduspärasuse kehtivuses meie poolt uuritud katsealal on kerge veenduda, kui võrrelda tabelite 1 ja 2 andmeid.

Tabel 1

Denitrifitseerijate arv 1 g-s absoluutselt kuivas turvasmullas

Katselapp ja horisont	Põhjavee sügavus cm			Aeratsioon %			Bakterite tiiter 1 g-s abs. kuivas mullas (tuhandetes)							
	juu- nis	juu- lis	aug.	juu- nis	juu- lis	aug.	8. juu- nil	16. juu- nil	27. juu- nil	5. juulil	15. juulil	5. aug.	16. aug.	28. aug.
2 A	89	87	86	36,7	39,5	37,4	163,2	149,9	281,0	331,0	58,5	53,8	143,1	123,1
B				31,2	28,9	29,6	49,8	53,5	107,2	198,5	116,8	36,7	144,0	134,9
9 A	73	73	72	36,6	35,9	35,0	154,3	127,5	292,3	385,5	72,6	49,4	151,5	134,4
B				20,2	17,7	36,0	92,7	87,5	72,9	200,6	110,4	27,7	141,3	82,0
15 A	54	53	52	34,9	31,3	20,1	58,4	63,8	146,3	37,4	49,9	20,2	42,9	68,7
B				8,0	11,1	11,2	40,0	65,5	61,2	17,8	8,5	4,5	9,8	13,5
18 A	38	26	22	15,3	9,1	3,1	47,9	56,0	45,5	15,2	3,6	2,5	17,1	15,6
B				4,9	7,2	5,1	29,2	19,8	4,0	6,5	—	—	2,9	3,0

Uuritud katselappidelt saadud põllukultuuride saagid

Katselapp	Kartulisaak ts/ha (1954. a.)	Odra põhu- saak ts/ha (1955. a.)	Odra tera- saak ts/ha (1955. a.)	Päevalille hal- jasmassi saak ts/ha (1955. a.)
2	193	70	34	753,4
9	177	61	35	692,3
15	153	45	33	341,9
18	96	Saagi arvestust ei teostatud		

Õeldust muidugi ei tule järeldada, et nimelt denitrifitseerijad olid kõrgemate saakide põhjustajaks, kuid vähemalt on selge, et nende elutegevus, vastupidi tavaliselt levinud arvamusele, ei põhjusta saagi langusi.

Kui võrrelda käesolevas artiklis toodud denitrifitseerijate leviku andmeid meie varasema artikli [2] andmetega nitrifitseerijate leviku kohta, siis selgub seos mõlema füsioloogilise grupi leviku vahel. Võimalik, et nitrifitseerijad kasutavad nitraatide taandamise vaheprodukte nitrifikatsiooni substraadina [12]; samuti võivad need vaheproduktid olla kasutatavad kõrgemate taimede poolt [9].

Kirjanduses esineb erinevusi eri autorite vaadete vahel küsimuses aeratsiooni toimest nitraatide taandamise käigule. Kui osa autoreid leidis, et aeratsioon ei takista nitraatide taandamist molekulaarse lämmastikuni, siis teised said oma katsetest tulemusi, millest nähtub, et aeratsioon pärssib tugevasti nimetatud protsessi. Erinevused resultaattides saavad mõistetavaks, kui arvestada töid, millest selgub, et aeratsiooni toime ei ole absoluutne suurus, vaid sõltub reast muudest tingimustest ja on muuseas erinev eri bakteriliikide ja sama liigi eri tüvede puhul [5, 13, 14].

Küsimuse sellise seisu puhul oli vaja määrata eri muldade denitrifitseerivat aktiivsust, seda nii aeroobsetes kui ka suhteliselt anaeroobsetes tingimustes.

Aeroobsed kultuurid teostasime 500-ml-stes Vinogradski kolbides dreanaaziga ja steriilse õhu läbipuhumisega elektrimootori abil käivitatava õhupumbaga. Anaeroobsed kultuurid teostati niisama suurtes kõrgekaelalistes kolbides. Kultuurianumasse viidi kummalgi juhul 50 g uuritavat mulda abs. kuivkaalus. Aeroobse kultuuri puhul viidi mullaniiskus vee lisamisega 70%-ni maksimaalsest veemahutavusest, anaeroobse kultuuri puhul lisati vett maksimaalse veemahutavuseni, kusjuures lisatavast veest oli õhk keetmisega eemaldatud. Kummalgi juhul viidi vesilahusena mulda 0,5 g KNO_3 ja 1,0 g Na-tsitraati ning Hiltay sooladid arvestusega lisatud veehulga kohta. Inkubatsioon toimus 25° C juures 3 päeva. Enne inkubeerimist, kuid pärast soolade lisamist määrati uuritavates muldades üldlämmastik Kjeldahl'i modifitseeritud meetodil disulfofenoolhappega, mis võimaldab korraga summaarselt mõõla nii mul-

las leiduvat orgaanilist ja NH_4 -lämmastikku kui ka lämmastiku oksüdeerunud vorme [11]. Eraldi määrati kolorimeetriliselt veel nitraadid, nitritid ja NH_4 , millest arvutati sisalduva lämmastiku hulgad eri vormides. Samad määramised teostati katse lõpetamisel.

Katseks kasutatud mullad on A- ja B-horisoni muldade segud. Kõik katsed teostati kahes korduses. Keskmisi resultaate esitab tabel 3.

T a b e l 3

Muldade denitrifitseeriv võime 27. juunil 1955. a.

Aeroobsus	Katselapp	Enne katset mg				Pärast katset mg				Vahe mg				NO ₃ ⁻ — N kasutatud sünt. otstarbeks	NO ₃ ⁻ — N vähene mine %	NO ₃ ⁻ — N lendum keskonnast % kasutatud NO ₃ ⁻ — N — st
		summaarne N	NO ₃ ⁻ — N	NO ₂ ⁻ — N	NH ₄ ⁺ — N	summaarne N	NO ₃ ⁻ — N	NO ₂ ⁻ — N	NH ₄ ⁺ — N	summaarne N	NO ₃ ⁻ — N	NO ₂ ⁻ — N	NH ₄ ⁺ — N			
		mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Aereeri- titud	2	1480	71,1	—	2,5	1462	2,7	—	—	—18	—68,4	—	—2,5	50,4	73,7	96,2
	18	1406	71,5	—	2,3	1357	2,2	jälj.	—	—49	—69,3	—	—2,3	20,3	29,2	96,9
Anaeroobne	2	1484	70,9	—	2,5	1426	9,4	—	—	—57	—61,5	—	—2,5	4,5	7,31	86,7
	18	1423	72,3	—	1,8	1357	3,3	—	—	—66	—69,0	—	—1,8	3,0	4,35	95,4

Katsetulemused lubavad väita, et hea aeratsiooni tingimustes, s. o. sügava kuivenduse puhul, väheneb turvasmullas nitraatide taandamine energeetiliseks otstarbeks, s. o. vaba molekulaarse lämmastikuni. Sellega väldib turvasmulla intensiivne kuivendamine lämmastikukadusid, mis võivad tekkida nitraatide taandamise käigus.

Teiselt poolt stimuleerib mulla tugev õhustamine denitrifitseerijate kasvuprotsesse ning nitraatlämmastiku taandamist ja kasutamist teises suunas, nimelt rakuplasma ehitamise suunas, sünteesi suunas. Seega seotakse tugeva aeratsiooni tingimustes tunduv osa nitraatlämmastikku orgaaniliste ühendite koosseisus, millest lämmastik vabaneb mikroobide surres ja astub uuesti võrdlemisi kiiresti ringlusse.

Edasi näeme küllalt olulist erinevust denitrifikatsiooni kulgemises erinevates muldades sama aeratsioonitaseme puhul. Keskonnast eemaldunud lämmastiku hulk on katselapi 18 mulla puhul (võrreldes katselapi 2 mullaga) tugevasti suurem nii aeroobses kui ka anaeroobses katsepaaris. Siit nähtub, et küsimus ei seisa mitte ainult katsetingimustes, vaid ka vastava katsemulla denitrifitseeriva populatsiooni omadustes, mis kujunevad vastavalt loomulikele tingimustele looduses. Selles osas tuleks tähelepanu juhtida veel asjaolule, et katselapi 18 muld annab NO₃ — lämmastiku energeetilise kasutamise tunduva ülekaalu nii anaeroobseis kui ka aeroobseis tingimustes, samal ajal kui katselapi 2 mulla puhul on

energeetilise taandamise näitaja eri aeratsioonitasemete puhul teravalt erinev.

Et kontrollida oma oletusi spetsiifilise denitrifikatsiooni erinevusest kummaski mullas ja aeratsiooni toimest denitrifikatsiooni käigule, selleks teostasime analoogilise katse kummaski mullast eraldatud liigiga *Chromobacterium denitrificans* Topley et Wilson.

Aeroobsed kultuurid viisime läbi 50-ml-stes Erlenmeyeri kolbides 3 korduses. Kultuurivedelikuks oli eespool märgitud modifitseeritud Hiltay lahus Na-tsitraadiga (5 g 1000 ml dest. vee kohta) 20-ml-ses mahus. Kolbe loksutati inkubatsiooni ajal iga päev 3 korda à 10 minuti jooksul.

Anaeroobsete kultuuride saamiseks kasutasime Buchneri antud võtet: katseklaas 20 ml anaeroobse kultuuriga asetati teise laiemasse, mille alaosa täideti pürogallooli leelise lahusega. See katseklaas suleti kautšukkorgiga ja parafineeriti. Loksutamist ei teostatud. Katsed viidi läbi samuti kolmes korduses.

Mõlemal juhul kestis inkubatsioon 64 tundi temperatuuril 25° C.

Kontrolliks olid samasugused kolvid, resp. katseklaasid ilma inkubatsioonita.

Nii katses kui ka kontrollis määrati üldlämmastik Kjeldahl'i järgi ning nitraadid, nitritid ja ammoonium kolorimeetriliselt. Keskmisi tulemusi esitab tabel 4.

T a b e l 4

Katseandmed *Chromobacterium denitrificans*'i denitrifitseerivast tegevusest

		Aeroobsus	Katselapp	Leitud mg					Kasv või kahanemine					Kasutatud $\text{NO}_3^- - \text{N}$ sünteesiks	
				Üld - N	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	Summa	Üld - N	NO_3^-	NO_2^-	NH_4^+	Summa	mg	%
Katsed	Aereeri- tud	2	1,47	0,09	1,25	jäljed	2,81	+0,89	-2,68	+1,25	+(jäljed)	-0,54	0,89	33,2	
		18	0,97	0,16	0,62	—	1,75	+0,50	-2,63	+0,62	—	-1,51	0,50	19,0	
Katsed	Anaeroob- ne	2	0,67	0,18	0,49	jäljed	1,34	+0,09	-2,59	+0,49	+(jäljed)	-2,01	0,09	3,47	
		18	0,58	0,28	0,22	—	1,08	+0,11	-2,71	+0,22	—	-2,18	0,11	4,06	
Kontroll		2	0,58	2,77	—	—	3,35	×	×	×	×	×	×	×	×
		18	0,47	2,79	—	—	3,26	×	×	×	×	×	×	×	×

Tabeli 4 andmed kinnitavad üldiselt eespool toodud järeldusi, kuigi mõnedki suhted on muutunud puhaskultuuri tingimuste tõttu.

Aeratsioonis tõuseb nitraatide kasutamise aktiivsus, kuigi keskkonnast eemaldunud lämmastiku hulk väheneb tunduvalt. Kadu vähendavad nii sünteesiks kasutatud lämmastiku hulga ja osa suurenemine kui ka tunduva koguse taandatud nitraatide peatumine nitrit-astmel. Viimase nähtuse peamiseks põhjuseks tuleb pidada õhuhapniku toimet järgnevate etappide taandamisfermentidesse.

Ilmekas on asjaolu, et aereeritud katses kadus keskkonnast 19,5% nitraatlämmastikust (0,54 mg), kui kultuur oli eraldatud 90-cm-se kuivendusega mullast ja 54,1% (1,51 mg), kui kultuur oli eraldatud 33-cm-se kuivendusnormiga mullast. Samasuguses anaeroobses katses oli esimesel juhul lämmastikukadu 72,5% (2,01 mg), teisel juhul 78,1% (2,18 mg). Samal ajal ületas nitraatlämmastiku kasutamine konstitutsiooniliseks otstarbeks aeroobsetes kultuurides vastava kasutamise anaeroobsetes kultuurides kuni 10 korda. Seejuures oli aeroobses variandis nitraatide konstitutsiooniline taandamine tugevam 90-cm-se kuivendusnormiga mullast eraldatud kultuuril.

Saadud andmed viivad järeldusele, et erinevad keskkonnatingimused, mis tulenevad muldade erinevast kuivendusnormist, peegelduvad ka neist muldadest eraldatud kultuuride pärilikes omadustes, mistõttu erinevatest muldadest eraldatud sama liigi kultuurid ei käitu võrdsetes tingimustes nitraatide suhtes ühtviisi. Suurema kuivendusnormiga mullast eraldatud kultuurid avaldavad suuremat aktiivsust nitraatlämmastiku sünteesi otstarbel kasutamisel ja väiksemat nitraatide energeetilisel taandamisel.

On selge, et aeratsiooni toime uurimisel ei piisa üksnes tingimuste varieerimisest sama muuseumikultuuri suhtes, vaid et katsete kavandamisel tuleb arvestada kultuuride päritolu iseärasusi.

Kokkuvõtted

1. Turvasmulla intensiivse kuivenduse tingimustes, millega on seotud mulla kõrge aeratsiooniaste, on denitriifitseerijate elutegevus ja tiiter kõrgemal tasemel kui nõrga kuivenduse tingimustes.

2. Turvasmulla kuivendusnormi suurendamisel kuni 90 cm vähenevad lämmastikukaod denitrifikatsiooni tagajärjel, sest neis tingimustes, mis kindlustavad muldade hea õhustatuse, nõrgeneb nitraatide energeetiline taandamine ja tugevneb nitraatlämmastiku kasutamine sünteesi otstarbeks.

3. Eri kuivendus-, resp. aeratsiooniastmega turvasmulla denitriifitseerijad on kohanenud vastavatele tingimustele: sügava põhjavee seis ja hea aeratsiooniga mulla denitriifitseerijad teostavad nitraatide taandamist molekulaarse lämmastikuni võrdsetes katsetingimustes nõrgemini kui väikese kuivendusnormiga mulla denitriifitseerijad. Üldine kasvuintensiivsus on vastupidi esimestel kõrgem.

4. Võrreldes denitrifikatsiooni nitrifikatsiooniga kuivendatud turvasmullas, ilmneb korrelatsioon kumbagi protsessi läbi viivate bakterite levikus ja elutegevuse tasemes, mis lubab oletada, et nende füsioloogiliste gruppide vahel eksisteerib teatav positiivne seos ja sõltuvus.

KIRJANDUS

1. Eisen, I. Põhjavee sügavuse mõju soomulla viljakusele. ENSV TA Toimetised, k. 3, nr. 2, 1954.
2. Tohver, V. Soomulla kasulikust mikrofloorast erinevate kuivendusnormide juures. TRU Toimetised, nr. 42, 1956.
3. Березова Е. Ф. Роль микроорганизмов в питании растений в свете передовой агробиологической науки. Сов. агр., в. II, 1950.
4. Березова Е. Ф. О роли микроорганизмов в питании растений. Сб. Роль микроорганизмов в питании растений, 1953.
5. Корсакова М. П. Денитрифицирующие бактерии. Микробиол., т. 17, в. 6, 1948.
6. Корсакова М. П. Денитрифицирующие микроорганизмы. Микробиол., т. 22, в. 2, 1953.
7. Лупинovich И. С. и Голуб Т. Ф. Торфяно-болотные почвы БССР и их плодородие. 1952.
8. Мишустин Е. Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. Тр. конф. по вопр. почв. микробиол., 1953.
9. Сабинин Д. А. Физиологические основы питания растений, 1955.
10. Турнас П. А. Сельскохозяйственное освоение болот. 1951.
11. Федоров М. В. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. 1951.
12. Barjac, H. de. La microflore dénitrifiante: sa presence normale dans le sol. Ann. Inst. Past., v. 87, № 4, 1954.
13. Marshall, R. O. Studies on the effect of aeration on nitrate reduction by *Pseudomonas* species using N^{15} . Journ. Bact., v. 66, № 3, 1953.
14. Meiklejohn, J. Aerobic denitrification. Ann. Appl. Biol., v. 27, p. 558, 1940.

О ДЕНИТРИФИКАЦИИ В ТОРФЯНО-БОЛОТНЫХ ПОЧВАХ

В. Тохвер

Кружок физиологии растений. Руководитель А. Перк

Резюме

В течение 1955 года нами было проведено изучение процесса денитрификации в окультуренной торфяно-болотной почве, взятой с опытных полей Института мелиорации и освоения заболоченных земель АН ЭССР в Тоома. Целью исследования было выяснение влияния степени осушения и связанной с этим степени аэрации торфяно-болотной почвы на количество и жизнедеятельность в ней денитрифицирующих бактерий. Выяснилось следующее:

1. В условиях интенсивного осушения и связанной с этим высокой степени аэрации в торфяно-болотной почве показатели количественного состава и интенсивности жизнедеятельности денитрифицирующих бактерий оказались более высокими, чем в условиях слабого осушения и пониженной аэрации.

2. В торфяно-болотной почве по мере увеличения степени осушения до 90 см потеря азота вследствие денитрификации уменьшается, так как в этих условиях усиливается использование нитратного азота для синтеза органических соединений тела бактерий.

3. Штаммы найденных видов денитрифицирующих бактерий в торфяно-болотной почве с разной степенью осушения (аэрации) приспособлены к соответствующим условиям: у штаммов, выделенных из почвы с глубоким стоянием грунтовых вод (с хорошей аэрацией), ферментные системы, катализирующие восстановление нитратов до свободного азота, менее активны по сравнению со штаммами, выделенными из почвы с высоким стоянием грунтовых вод (с пониженной аэрацией). Наоборот, общая интенсивность роста у первых — выше, чем у вторых.

4. При сравнении процесса денитрификации с процессом нитрификации в торфяно-болотной почве выявляется известная связь между вызывающими эти процессы бактериями в отношении их распространенности и уровнем их жизнедеятельности.

KLIIMARAVI RAKENDAMISE VÕIMALUSTEST PÄRNU KUURORDIS.

A. Raik

Geograafia ring. Juhendaja H. Liidemaa

Pärnu kuurort asetseb NSV Liidu teiste tähtsamate kliimamudaravi kuurortidega (Eupatooria, Anapa, Ossipenko jt.) võrreldes oluliselt erinevates kliimaatilistes tingimustes. Seetõttu on kliimaravi rakendamise kohalike tingimuste väljaselgitamiseks vajalik kuurordi kliima igakülgne uurimine.

Käesolevas artiklis antakse kompleksse klimatoloogia meetodil Pärnu kuurordi üldkliimaatilise režiimi iseloomustus ning analüüsitakse üksikute kliimaravi protseduuride rakendamise võimalusi suveperioodil. Et kompleksse klimatoloogia meetod, mis on kaas-aegse nõukogude kuurordilise klimatoloogia põhimeetodeid, pole Eesti NSV-s laiemalt tuntud ning siinkohal on võimalik tuua vaid kõige üldisemad lähtekohad, soovitame lugejail paralleelselt tutvuda selle meetodi loojate E. E. Feodorovi või L. A. Tšubukovi mõne tööga (näit. [2]).

Kompleksse klimatoloogia meetod tugineb üldiselt levinud arusaamisele ilma st kui looduse terviklikust moodustisest, mis on alati iseloomustatud meteoroloogiliste elementide ja nähtuste laialdase kompleksiga; vaieldamatu on ka asjaolu, et ilm mõjub elavale organismile oma omaduste kogu kooslusega. Siit tuleneb järeldus, et mingisuguse koha kliima võib avalduda ainult kohalike ilmade kaudu. Antud koha kliima uurimisele asudes määramegi esmalt iga ööpäeva kohta vastava klassifikatsiooni alusel kindlaks ilmaklassi, võttes seejuures arvesse õhu temperatuuri, niiskust, rõhku, päikesepaiste kestust, pilvitust, tuult, sademeid ja atmosfäärilisi nähtusi. Analüüsides «ööpäeva ilma» klasside esinemise sagedust, ilmaklasside püsivust, vahelduvust jne., selgitame välja kuurordi üldkliimaatilise režiimi, mis iseloomustab tingimusi haigete viibimiseks välisõhus, seega kliimaraviks kõige üldisemas mõttes.

Käesolevas artiklis on kasutatud kompleksses klimatoloogias üldiselt tarvitatavaid ilmaklasse, neid kurortoloogia seisukohalt mõnevõrra otstarbekamalt grupeerides. Parema võrreldavuse huvi-

des kasutame ka üldtunnustatud ilmaklasside numeratsiooni ning leppemärke kliima struktuuri graafiku koostamisel. Artikli autor pidas siiski vajalikuks mõnevõrra muuta külmavabade ilmade ($t^{\circ}\text{min} \geq 0^{\circ}$) klassifitseerimise viisi. Üldine meetodika näeb siin ette päikesepaiste tingimuste hindamist madalate pilvede hulga järgi, s. o. kaudselt. Pärnus aga on päikesepaiste kestuse ja pilvituse andmed suvistel keskpäevadel pahatihti lausa vasturääkivad. Nimelt areneb maismaa kohal tõusvate õhuvoolude tagajärjel tugev rünpilvitus, kuna samal ajal mere kohal, s. o. lõunasektoris, jääb taevas pilvituks ning päike paistab pidevalt, kuigi madalate pilvede hulk on 6—7 palli. Seetõttu kasutasime ilmaklasside määramisel pilvituse asemel otseselt päikesepaiste kestust nii kogu päevas kui ka kuurordi seisukohalt suurt tähtsust omavatel keskpäevastel tundidel. Toome järgnevalt kasutatud ilmaklasside lühikese iseloomustuse.

Kuum ja kuiv ilm (II ilmaklass), mille eristamise aluseks on õhutemperatuuri ja niiskuse kindlad kombinatsioonid, esineb tavaliselt tuulise ilma tingimustes, mis ei lase tekkida ebameeldivat ülekuumenemise tunnet. Seetõttu on kuum ja kuiv ilm kliimaraviks kõigiti soodus.

Päikesepaisteline ilm (III) on iseloomustatud päikesepaiste suure kestusega, eriti keskpäevastel tundidel. Seega sobiv (vastavate terminite tingimuste olemasolul) kliimaravi protseduuride teostamiseks. Eristatakse ilmu sademetega üle 1 mm, mis pole aga ebasoodsad, sest vihm sajab kas öösi või siis äikesevihmana pärastlõunal.

Päevalpilvine ilm (IV) on iseloomustatud päikesepaiste küllaltki suure kestusega, kuid keskpäevastel tundidel on see väiksem kui eelmises ilmaklassis. See asjaolu raskendab kliimaravi protseduuride teostamist, ei tee seda aga võimatuks. Eristatakse ilmu sademetega üle 1 mm.

Pilves ilm (VI) hõlmab nii ilmu, mil hommikul ja õhtul paistab päike, kuid tugev pilvitus keskpäeval takistab kliimaravi protseduuride teostamist, kui ka ilmu täieliku lauspilvitusega. Viimased on sügisel ja talvel äärmiselt nõrga valgustustugevusega.

Vihmane ilm (VII) on pilvituse ja valgustuse suhtes sarnane eelmisega, lisanduvad aga sademed (üle 1 mm), mis teeb ilma veel ebameeldivamaks ja takistab ravitavate viibimist välisõhus.

Pilves ilm temperatuuri käiguga läbi 0° (VIII). Iseloomustav on madal valgustustugevus, sageli sademed ja väga niiske õhk. Eeltoodu koos pori ja lörtsiga muudab antud ilmaklassi ebameeldivaks ning kliimaravi seisukohalt ebasoodsaks.

Päikesepaisteline ilm temperatuuri käiguga läbi 0° (IX) esineb peamiselt kevadel; päikesepaiste ja suhteliselt kõrge päevane temperatuur soodustavad viibimist välisõhus.

Külmad ilmad ($t^{\circ}\text{max} \leq 0^{\circ}$) jaotatakse peale nende üldist klassifitseerimist keskmise ööpäevase temperatuuri alusel (X ilma-

klass kuni $-2,5^{\circ}$ XI — $2,5^{\circ}$ kuni $-12,5^{\circ}$, XII — $12,5^{\circ}$ kuni $-22,5^{\circ}$) veel vaikseteks ja tuulisteks (tuule kiirus päeval üle 3 m/sek). Tuul ongi nimelt teguriks, mis takistab välisõhus viibimist, kuna temperatuur pole Pärnus tavaliselt eriti madal. -5° -lise temperatuuriga tuuline ilm on aga hoopis ebameeldivam kui -15° -line külm vaikse ilmaga. Käesolevas töös eristatakse veel külmi pilves ja päikesepaistelisi (päikesepaiste kestus üle 3 tunni) ilmu. Nimelt on nõrk valgustustugevus Pärnu talvise kliima ebameeldivamaid jooni.

Kliima analüüsi teostame põhiliselt kliima struktuuri graafiku (joonis 1) abil, mis peegeldab kohalike ilmade mitmesuguste klasside esinemise sagedust.

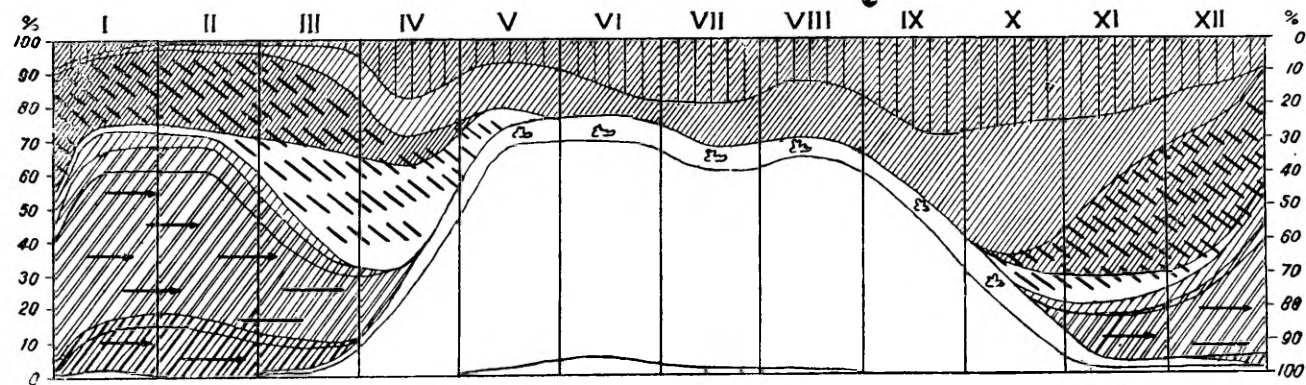
Igale ilmaklassile vastab graafikul teda tähistava leppemärgiga vöönd. Vööndi laius kuud tähistava vertikaalse tulba keskjoonel on proportsionaalne antud klassi ilmade keskmise arvuga antud kuul pikaajalisel perioodil. Graafik annab ilmastikust sedavõrd näitliku pildi, et isegi puudub äärmine vajadus ilmastiku sõnaliseks kirjeldamiseks.

Käesoleva artikli koostamiseks on läbi töötatud vaid viieaastase perioodi (1950.—1954. a.) andmed ja paratamatult tekib vajadus antud ajavahemiku hindamiseks pikemaajalise perioodi suhtes. Teostades vastavat võrdlust näeme, et vaadeldaval perioodil on külmade ilmade ($t^{\circ} \max \leq 0^{\circ}$) arv olnud detsembris väiksem ja jaanuaris suurem, ilmade arv temperatuuri käiguga läbi 0° aprillis väiksem ja novembris suurem, sajupäevade (sademeid üle 1 mm) arv mais väiksem, septembris suurem kui pikaajalisel perioodil.


Et artikli maht ei võimalda anda Pärnu kuurordi kliima pikemat kirjeldust, märgime kõige lühema kokkuvõttena, et märtsist augustini ja osalt septembris soodustab küllaldase päikesepaistega ilmade rohkus ning vihmaste, nõrga valgustusega ja tuuliste ilmade vähesus ravitavate viibimist välisõhus. Oktoobrist veebruarini on päikesepaisteliste päevade hulk väga väike (novembrist veebruarini keskmiselt 4,8 päeva kuus!), nõrga valgustusega, vihmaste ning külmade tuuliste ilmade hulk aga suur. See periood on ravitavaile välisõhus viibimiseks ebasoodus.


Kui üldkliimaatilist režiimi iseloomustava kliima struktuuri graafiku koostamisel kasutasime ööpäeva ilma kategooriat, siis järgnevalt iseloomustame «momendi ilmade» kaudu tingimusi kliimaravi protseduuride rakendamiseks suveperioodil, s. o. õhu- ja päikesevannide võtmiseks ning meresuplusteks.


Õhuvannide doseerimise valitses kuni viimase ajani äärmise süsteemits ja ühekülgsus. Tavaliselt liigitati neid efektiivsete-ekvivalentsete (edaspidi «efektiivsete») temperatuuride alusel lihtsalt «komfortseteks» (ef. $t^{\circ} > 17^{\circ}$) ja «diskomfortseteks» (ef. $t^{\circ} < 17^{\circ}$) ning et Pärnus, eriti plaaži tingimustes, on õhu soojuslikud näitajad tõesti enamikul juhtudel allpool «komfordi tsooni», loeti õhuvannide võtmist võimatuks. Jalta sanatooriumi arst N. Z. Mihhailov on aga loonud õhuvannide doseerimiseks ratsionaalse süsteemi, mis näitab võimaluse õhuvannide võtmiseks ka





Külmavabad ilmad ($t^{\circ} \min \geq 0^{\circ}$)

 Kuum ja kuiv ilm (II)


 Päikesepaisteline ilm (III)


 Päeval pilvine ilm (IV)

 Pilves ilm (VI)


 Vihmane ilm (VII)


Ilmad temperatuuri
käiguga läbi 0°
($t^{\circ} \max > 0^{\circ}$, $t^{\circ} \min < 0^{\circ}$)


 Pilves ilm (VIII)


 Päikesepaisteline ilm (IX)

Külmad ilmad ($t^{\circ} \max \leq 0^{\circ}$)

 Nõrgalt külm ilm (X)

 Parajalt külm ilm (XI)

 Tugevasti külm ilm (XII)

 Tuulised ilmad

Joon. 1. Pärnu kliima struktuuri graafik (aastail 1950—1954).

madalate efektiivsete temperatuuride juures, kui õhuvanne vajalikult siduda ravikehakultuuri ja veeprotseduuridega ning doosid määrata seda lühemad, mida enam on tingimused alla «komfordi tsooni». Antud süsteem arvestab efektiivsete temperatuuride kõrval ka tuule ja niiskuse tingimusi, sest viimased avaldavad mõju mitte ainult soojusbilansi kaudu, vaid ka otseselt. Õhuvannide võtmise tingimuste iseloomustamiseks Pärnus juulis kell 13 toome skeemi (joonis 2), millel juhtude arvuga võrdeliste pindaladega riskülilikud on koondatud vertikaalsetesse gruppidesse termiliste, horisontaalsetesse aerodünaamiliste tingimuste alusel, kuna riskülilikutes on tingmärkidega antud hüdrograafiliste tingimuste iseloomustus.

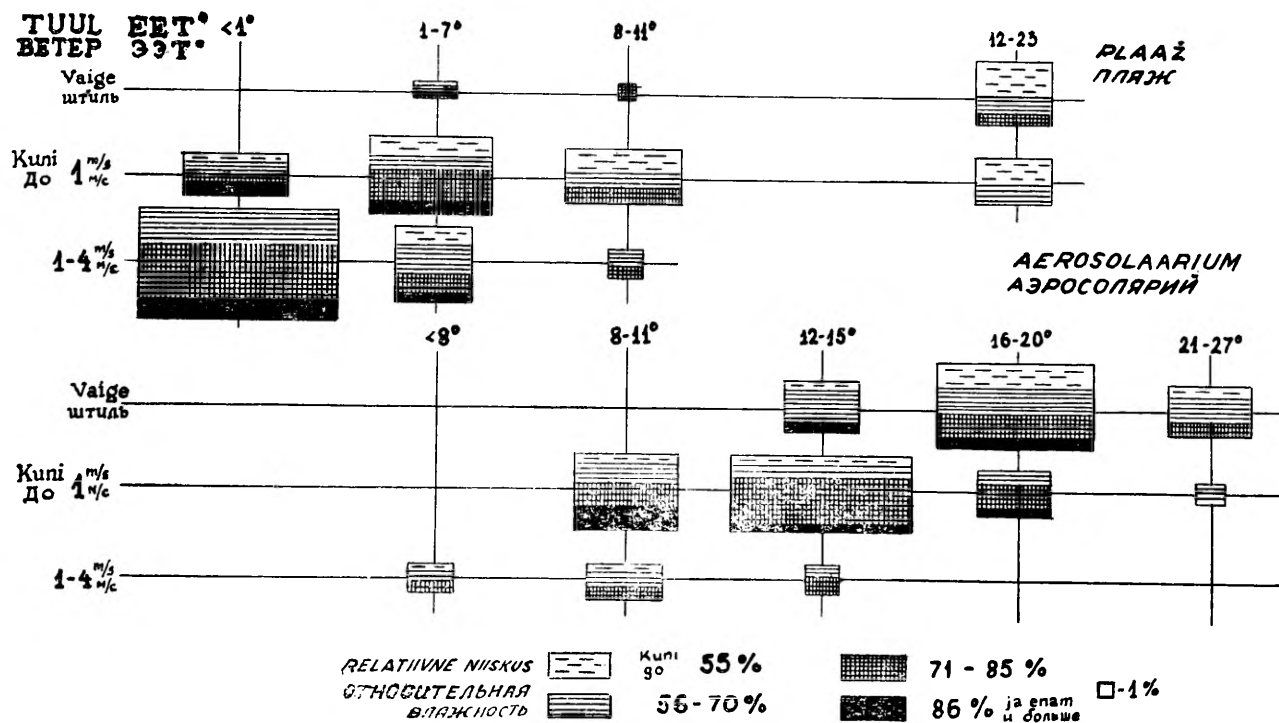
Efektiivsete temperatuuride leidmisel kasutasime nn. põhiskaalat, mis väljendab soojuslikke tingimusi riietamata inimesele. Skeemi vaadeldes näeme, et õhuvannide võtmine plaazi tingimustes, s. o. viibimine plaazil riietamata olekus varjatuna otsese päikese-kiirguse eest on äärmiselt piiratud, kuna ligi 70% kõikidest juhtudest kuulub N. Z. Mihhailovi järgi «külma» valdkonda (ef. $t^{\circ} < 8^{\circ}$), kusjuures 40%-l juhtudest on efektiivne temperatuur isegi alla 1° .

Hoopis rõõmustavamalt pilti pakub aga kuurordi aerosolaarium, mis kujutab endast pargi, liivavalli, pajuheki ja puldanseintega tuulte eest suhteliselt hästi kaitstud ala. Alla 8° on siin tühine osa juhtudest, 40% on aga üle 16° . Kuna N. Z. Mihhailov näitab üle 8° efektiivsete temperatuuride puhul konkreetseid võimalusi jahtumistingimuste reguleerimiseks ravikehakultuuri, veeprotseduuride ja vastava doseerimise abil, siis on tema meetodi rakendamise korral õhuvannide võtmine Pärnus juulis võimalik peaaegu iga päev.

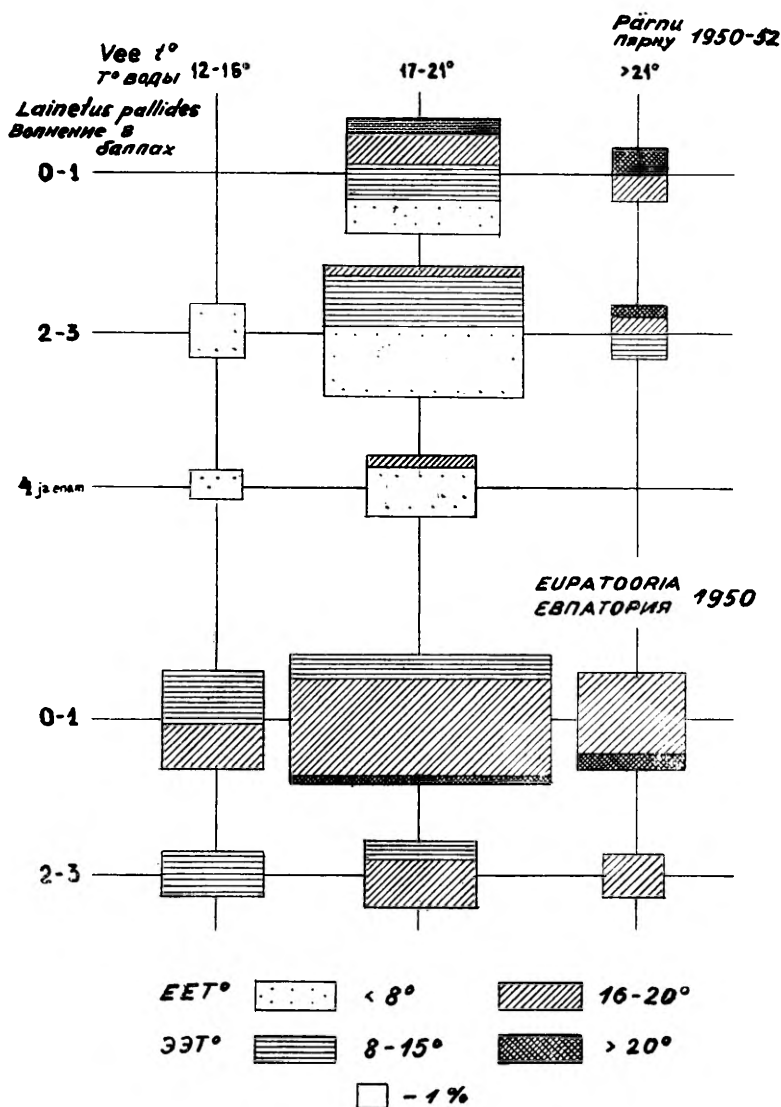
Päikesevannid on Pärnu tingimustes suvel tähtsaimaks kliimaravi protseduuriks. Nende rakendamise võimalusi näitab kõige üldisemalt päikeseapaistelistel ilmade arv kuus (vaata joonis 1).

Radiatsioonilise režiimi poolest on Pärnus parimaks päikesevannide võtmise kohaks plaaz, sest plaazil viibiv inimene saab maksimaalse hulga otsest, hajutatud (mille osatähtsus on eriti suur) kui ka liivalt ja merepinnalt peegeldunud bioloogiliselt aktiivset ultraviolettkiirgust. Segavaks teguriks osutuvad aga jällegi jahtumistingimused. Et päikese käes on efektiivne temperatuur $6-8^{\circ}$ võrra kõrgem, siis nihutame õhuvannide skeemil (joonis 2) riskülilikud mõttes vastavalt paremale. Näeme, et plaazil valdav osa juhtudest jääb komfordi tsoonist kaugele. Seetõttu on Pärnu plaazil päikesevannide võtmine võimalik vaid juhul, kui jahtumist kompenseeritakse liikumisega, näiteks pallimänguga. Haigetele organismidele pole aga selline päikesevannide võtmine vastuvõetav.

Solaariumis on radiatsioonilised tingimused päikesevannide võtmiseks halvemad, sest horisondi kaetuse tõttu puude ja põõsastega pääseb siia hajutatud ultraviolettkiirgusest vaid 40%. Jahtumistingimused on aga hoopis soodsamad. Nihutades solaariumi õhuvannide skeemil riskülilikud mõttes $6-8^{\circ}$ võrra paremale, näeme, et päikesevannide võtmisel on solaariumis komfordi tingimused kindlustatud



Joon. 2. Kliimaraui protseduuride meteoroloogilised tingimused Pärnu plaažil ja aerosolaariumis juulis k. 13 aastail 1950—1954.



Joon. 3. Meresupluse hüdro meteoroloogilised tingimused Pärnus ja Eupatoorias juulis k. 13.

ning vahel juhtub ka, et solaariumis päikese käes on isegi liiga kuum. Ülekuumenemise ärahoidmiseks tarvitseb aga sellisel puhul vaid «üle kolida» plaažile. Kokkuvõttes tuleb öelda, et soojusliku režiimi poolest on Pärnu kuurordi solaariumis päikesevannide võtmiseks kõigiti head tingimused ja ka ultraviolettkiirguse hulk on praktiliselt küllaldane. Täiendavalt märgime, et plaaži piirava põõ-

sastiku ääres lamades on soojuslikud tingimused sarnased solaa-riumi tingimustega.

Meresuplused on Pärnus suvel päikese- ja õhuvannide kõrval tähtsaks kliimaravi vahendiks. Meresupluste tingimuste iseloomustamiseks Pärnus juulis kell 13 kasutame samuti N. Z. Mihhailovi süsteemi, mis annab meresupluste kompleksse iseloomustuse, arvestades vee temperatuuri, soolsuse ja lainetuse kõrval ka õhu termilist seisundit.

Soolsuselt kuulub Pärnu lahe vesi «väga nõrgalt soolaste» hulka. Ülejäänud faktorite iseloomustuse toome vastaval skeemil (joonis 3), kus esinemise sagedusega võrdeliste pindaladega riskülilikud on koondatud vertikaalsetesse gruppidesse vee temperatuuri, horisontaalsetesse lainetuse tugevuse alusel, kuna riskülilikutes on tingmärkidega antud õhu termiline seisund.

Merevee temperatuur Pärnu rannas osutub mõnevõrra kõrgemaks, kui seda võiks arvata Balti mere üldiste tingimuste alusel. Seda põhjustab keerukas tingimuste kompleks, millest märgime Riia lahe vastu kellaosuti suunda liikuvat hoovust, mis soodustab rannalähedase vee soojenemist, valitsevaid lääne- ja edelatuuli, mis takistavad sooja pinnavee väljumist Pärnu lahest ning kõige otsustavamana tegurina mere põhja iseloomu. Pärnu kuurordi plaazi rajoonis toimub nimelt sügavnemine aeglaselt, normaalse veeseisu korral tuleb vesi «üle pea» alles 180—200 m kaugusel veepiirist. Et mere põhi on tugevasti lainjas, moodustub enne lõplikku sügavnemist rida kuni 130 cm sügavusi üksteisest küllalt kõrgete künnistega eraldatud basseine. Suures ulatuses madal vesi soojeneb päikesepaistel kiiresti ning lainjas põhjareljeef takistab maismaalt puhuvail tuultel sooja vee eemaletõrjumist ning asendumist sügavamate kihtide külmema veega. Seetõttu on merevee temperatuur Pärnu rannas otseselt sõltuv ilmastiku tingimustest ja päikesepaistelisel suvepäeval on kindlustatud ka soe vesi. Selles suhtes on sooja, kuid rannikul sügava mere ääres asumatel kuurortidel (näiteks Krimmi kuurordid) halvem olukord. Püsivate tugevate maatuulte korral tõrjutakse soe pinnavesi kaugele avamerele ning võib kuluda nädal ja rohkemgi, enne kui pinnale tõusnud külmad veemassid soojenevad suplust võimaldava temperatuurini. Skeemil (joonis 3) ongi toodud ka meresupluste tingimused Pärnust umbes 1500 km lõuna pool Musta mere ääres asuvas Eupatoorias. Ilmneb, et Pärnus võivad suplustingimused olla teatud mõttes isegi soodsamad, sest juhte vee temperatuuriga alla 16° on vähem!

Efektiivsed temperatuurid õhu termilise seisundi iseloomustamisel on leitud samuti kui õhuvannide võtmisel plaazi tingimustes, kusjuures päikesepaistelisel ilmal (II, III, IV ilmaklass) on lisatud, nagu seda soovib N. Z. Mihhailov, 6—8° päikese soojendava mõju arvel. Näeme, et Pärnu rannas jääb efektiivne temperatuur üle 50% juhtudest ikkagi piiridesse «külm» (alla 8°). Et Pärnu rand on suures ulatuses madal (asjaolu, mis omab suurt positiivset osa vee temperatuuri kujunemisel), kuulub suplemist võimaldava sügavusega

veeni jõudmiseks ja veest väljumiseks palju aega, mille kestel keha allub õhu tugevasti jahutavale mõjule (rannamantlit, millega on hea jalutada plaazil, ei saa ju vette kaasa võtta!). Samuti on kogu selle aja kestel jalad asjatult suhteliselt külmas vees. Eriti ohtlik on see liigestehaiguste puhul, millede põdejaid on aga Pärnus ravil palju. Eeltoodud asjaolude tõttu on meresupluste kui raviprotseduuri rakendamine tunduvalt piiratud.

Kõikide esitatud negatiivsete asjaolude vastu on aga väga lihtne ja mõjuv arstim, nimelt supelsilla ehitamine kuurordi plaazi rajooni. See võimaldaks minna vette ja väljuda veest, tarvitsemata paljude minutite kestel alluda tuule tugevasti jahutavale mõjule (sillale kaasavõetud rannamantel loob kohe sobiva «mikrokliima») ja samuti võimaldaks see vältida jalgade pikaajalist viibimist suhteliselt külmas vees.

Artiklis esitatud materjalide põhjal võib teha mõningaid järeldusi ja ettepanekuid.

1. Käesolev töö annab esialgse materjali Pärnu kuurordi kliima võrdlemiseks NSV Liidu teiste kuurortide kliimaga kompleksse klimatoloogia meetodil.

2. Pärnu kuurordi üldkliimaatiline režiim perioodil oktoobrist veebruarini vähese päikesepaiste, nõrga valgustuse, sadude, külma ja tuulte tõttu ei soodusta ravitavate viibimist välisõhus, mida tuleb tõsiselt arvestada kuurordi profiili edasisel diferentseerimisel.

3. Õhuvannide võtmine on Pärnus suvel N. Z. Mihhailovi meetodi (paindlik doseerimine koos kehakultuuri ja veeprotseduuridega) rakendamise korral võimalik peaaegu iga päev.

4. Päikesevannide võtmiseks on Pärnu kuurordi solaariumis soojuslikud tingimused kõigiti soodsad.

5. Meresuplusteks kaasneb päikesepaistelise ilmaga ka soe merevesi, suplust takistab aga õhu termiline seisund. Siin tuleb nõuda supelsilla ehitamist kuurordi plaazi rajooni, mis väga oluliselt parandaks suplustingimusi ja muudaks meresuplused Pärnu kuurordi tõeliseks ravifaktoriks.

KIRJANDUS

1. Центральный Институт Курортологии. Методическое письмо. Рукопись, М. 1953.
2. Чубуков Л. А. Комплексная климатология М.—Л. 1949.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ КЛИМАТОТЕРАПИИ В КУРОРТЕ ПЯРНУ

А. Райк

Кружок географии. Руководитель Х. Лийдемаа

Резюме

В статье при помощи методов комплексной климатологии рассматриваются возможности применения климатотерапии в курорте Пярну. Применяя понятие «погоды суток», дается характеристика общеклиматического режима курорта. При этом используется общепринятая в комплексной климатологии классификация местных погод (см. Л. А. Чубуков, «Комплексная климатология», М.—Л. 1949), несколько видоизмененная как в части названий классов погоды, так и в некоторой их детализации.* Характеристика климата представлена в основном при помощи графика структуры климата, выраженного в погодях (рис. 1.) Каждому классу погоды на графике соответствует полоса, отмеченная условными знаками. Ширина полосы на средней линии каждого вертикального столбика, отмечающего месяц, пропорциональна среднему числу погод данного класса за данный месяц в течение многолетнего периода.

Условия применения воздушных и солнечных ванн характеризуются при помощи метода, предложенного врачом Н. З. Михайловым, который дает всестороннюю комплексную характеристику состояния воздушной среды (рис. 2.) Этот метод показывает возможность применения воздушных ванн и при низких эквивалентно-эффективных температурах, если их при соответствующей дозировке связать с лечебной физкультурой и водными процедурами. Возможность морского купания также освещается при помощи метода Н. З. Михайлова, дающего кроме «обычных»

* При определении летних класс погоды за основу принято не количество нижней облачности, а продолжительность солнечного сияния, особенно в дневные часы, когда биологически активная ультрафиолетовая радиация наиболее благоприятна для гелио- и аэротерапии. Кроме того выделен класс погоды с переменной облачностью днем (IV класс погоды). Последний по условиям применения солнечных ванн занимает переходное положение от солнечной погоды (III класс) к облачной (VI класс).

характеристик и характеристику термического состояния воздуха (рис. 3)

Материалы, изложенные в статье, позволяют сделать следующие выводы:

1. В данной статье при помощи методов комплексной климатологии даются материалы для сравнения климата курорта Пярну с климатами других курортов Советского Союза.

2. Общеклиматический режим курорта Пярну за период с октября по февраль, характеризующийся малой продолжительностью солнечного сияния, слабой освещенностью, осадками, морозами и ветрами, не благоприятствует пребыванию курортников на свежем воздухе, что необходимо учесть при дальнейшей дифференциации профиля курорта.

3. Принятие воздушных ванн в Пярну летом до сих пор считалось практически невозможным, но использование метода дозированной Н. З. Михайлова с применением лечебной физкультуры и водных процедур дает возможность принимать их почти каждый день.

4. Принятию солнечных ванн на пярнуском пляже мешают прохладные ветры, но в солярии курорта термические условия для этого вполне благоприятны.

5. Температура воды в районе пляжа в летние солнечные дни достаточно высока, но принятию морских купаний препятствует то обстоятельство, что вследствие медленного увеличения глубины моря пациент продолжительное время пребывает под неблагоприятным влиянием прохладных ветров; для избежания последнего необходимо построить закрытый купальный мостик.

SISUKORD

E. Jürimäe. Funktsionaalanalüüsi meetodid kahekordsete ridade teoorias	3
Э. Юримяэ. Методы функционального анализа в теории двойных рядов. Резюме	8
C. A. Барон. Вывод признаков сходимости двойных числовых рядов.	9
S. Baron. Koonduvustunnuste tuletamine kahekordsete arvuridade jaoks. Resümee	20
J. Lembra. Elektromagnetiline impulssmoment staatilistes süsteemides	21
Ю. Лембра. Электромагнитный момент импульса в статических системах. Резюме	27
H. Ardve ja H. Niilisk. Pikalainelise kiirguse määramisest pürgeomeetri ja radiatsioonnomogrammide abil pilvisuse mõju arvestades	28
X. Ардве и X. Нийлиск. Об определении длинноволновой радиации при помощи пиргеометра и радиационных номограмм с учетом влияния облачности. Резюме	36
H. Koppel. Väheste raualisandite mõju kadmiumi soolhappes lahustumise kiirusele	37
X. Коппель. Влияние небольших количеств примеси железа на скорость растворения кадмия в соляной кислоте. Резюме	43
A. Liiva. Süsteemi ammooniumnitraat-vesi käitumisest madalamatel temperatuuridel	44
A. Лийва. О поведении системы нитрат аммония — вода при низких температурах. Резюме	50
M. Rubel. Vanilliinalkoholi sünteesist	51
M. Рубель. О синтезе ванилинового спирта. Резюме	57
E. Johannes, R. Sirg, M. Põld ja H. Väljak. Mõningate katioonide analüüs paberjaotuvuskromatograafilisel meetodil	58
Э. Иоханнес, Р. Сирг, М. Пыльд, X. Вяльяк. Анализ некоторых катионов методом распределительной хроматографии на бумаге. Резюме	62
L. Lamp. Jõhvika levik Ida-Eesti soodes ja tema kasutamise väljavaated	63
Л. Ламп. Распространение клюквы на болотах восточной части Эстонской ССР и возможности ее использования. Резюме	71
V. Kuusk. Eesti NSV lääneosa madalsoopõldude umbrohtude liigiline koosseis ja esinemise seaduspärasused	72
B. Кууск. Сорняки и закономерности их распространения на полях низинных болот Западной Эстонии. Резюме	80
L. Alton. Tomati viljade valmimise kiirendamisest hapnikuga	81
Л. Алтон. Ускорение созревания плодов томатов при помощи кислорода. Резюме	87
V. Tohver. Denitrifikatsioonist kuivendatud turvasmullas	88
B. Тохвер. О денитрификации в торфяно-болотных почвах. Резюме	96
A. Raik. Kliimaraui rakendamise võimalustest Pärnu kuuordis	97
A. Райк. О возможностях применения климатотерапии в курорте Пярну. Резюме	106